COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 29 JANVIER 1900,

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE LÉVY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** donne lecture de la Lettre suivante qui lui est adressée par M. J. Bertrand, Secrétaire perpétuel :

« Monsieur le Président,

» Plusieurs de nos Confrères ont remarqué avec étonnement, dans les exemplaires de l'éloge de Tisserand qui leur ont été distribués, un changement inexplicable fait à une phrase de Pasteur que j'avais citée. Pasteur, parlant de Tisserand âgé de vingt ans, avait dit : « Tisserand est un petit Puiseux. » C'est ce qui a été lu en Séance publique. Sur la dernière épreuve, par suite d'une annotation mal comprise, le mot « petit » a été remplacé par le mot « grand ». La phrase n'a plus aucun sens. Je crois faire plaisir aux amis et aux admirateurs de Puiseux en signalant dans les *Comptes rendus* cette erreur, d'ailleurs facile à rectifier.

» Veuillez agréer, etc.

» J. Bertrand. »

PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude du rayonnement du radium.* Note de M. Henri Becquerel.

« La partie du rayonnement du radium déviable par un champ magnétique se prête à diverses expériences, parmi lesquelles je citerai les suivantes, relatives aux rayons qui traversent le papier noir :

» 1° *Déviation magnétique dans le vide.* — Dans le but de rechercher si l'air exerçait une influence importante sur la vitesse de propagation du rayonnement en question, j'ai disposé l'expérience de la déviation magnétique dans le vide. Je n'ai pas observé de différence notable avec ce que l'on obtient dans l'air.

» L'expérience a été réalisée de la manière suivante : un tube de verre, fermé à une extrémité et en relation par l'autre, au moyen d'un tube de plomb, avec une trompe à mercure, était disposé horizontalement entre les pôles d'un électro-aimant, et normalement au champ. Dans ce tube, à côté d'un peu d'acide phosphorique pour dessécher l'air, était placée une petite plaque photographique, horizontale, enveloppée de papier noir; sur cette plaque était posée une petite cuve en plomb de $0^{mm},94$ d'épaisseur, contenant la matière active rassemblée dans un trou de 1^{mm} environ de diamètre percé dans une carte, maintenue en dessous par du papier noir et en dessus par une très mince feuille d'aluminium. Dans ces conditions, la matière peut rester plusieurs heures sur la plaque sans la voiler, et donne seulement une impression directement au-dessous de la source, à travers le plomb.

» On fait alors plus ou moins complètement le vide dans le tube, puis on fait passer dans l'électro-aimant un courant qu'on maintient aussi constant que possible. Les rayons ramenés sur la plaque photographique par le champ magnétique impressionnent celle-ci d'un côté de la source. Au bout d'une dizaine de minutes de pose, on interrompt le courant; on laisse rentrer l'air, puis on fait passer dans l'électro-aimant un courant égal au premier, pendant le même temps, mais en sens inverse, de façon à rejeter l'impression de l'autre côté de la source; on peut ainsi comparer sur la même épreuve les effets obtenus dans le vide et dans l'air à la pression atmosphérique.

» On a opéré avec des pressions de 7^{mm}, de 2^{mm}, de $0^{mm},1$ de mercure, et dans le vide presque absolu. Dans tous les cas, les deux impressions qui,

dans un champ uniforme, figurent des arcs d'ellipse ont paru presque identiques, et à très peu près symétriques de part et d'autre de l'impression directe de la source. Pour un champ dont l'intensité était environ 4060 unités C.G.S., la distance moyenne de l'impression au milieu de la source a été trouvée égale à $6^{mm},21$.

» La source étant à $2^{mm},17$ environ au-dessus de la plaque, pour avoir la distance à la source de l'impression qui serait produite dans le plan même de la source, il faut faire une correction dont les éléments seront donnés plus loin, et qui porterait le nombre trouvé ci-dessus dans l'air à $7^{mm},3$ pour un champ de 4060 : ce qui pour un champ de 4000 unités donnerait le nombre $7^{mm},41$. Une autre série, faite il y a plusieurs semaines dans l'air, avait donné le nombre $7^{mm},43$. La présence de l'air n'exerce donc pas sur la déviation magnétique une influence appréciable par cette expérience.

» 2° *Identité du rayonnement émis par les sels radifères diversement actifs.* — Sur une même plaque photographique enveloppée de papier noir et placée horizontalement entre les pôles de l'électro-aimant, on a disposé côte à côte quelques grains de deux préparations différentes de sels de radium, en interposant entre ces deux sources un écran perpendiculaire à la plaque; on excite alors l'électro-aimant, et, après un temps de pose variable avec les échantillons, on observe sur les deux moitiés de la plaque des impressions inégales comme intensité, mais égales comme déviation. L'expérience a été faite avec du carbonate radifère et deux chlorures d'activité différente, que m'ont obligeamment prêtés M. et Mme Curie. Ces expériences montrent que les divers sels de radium émettent des rayons également déviables, c'est-à-dire de même nature, et ne diffèrent que par leur intensité.

» 3° *Trajectoires du rayonnement dans un champ magnétique uniforme.* — Les rayons qui se propagent normalement à un champ magnétique uniforme décrivent une trajectoire fermée, qui les ramène au point d'émission. On peut constater ce fait par l'expérience suivante : On dispose, comme dans les expériences précédentes, une plaque photographique enveloppée de papier noir, horizontalement dans le champ magnétique, mais la gélatine étant en dessous; très près du bord de la plaque, bord amené au milieu du champ, on place sur la face supérieure une lame de plomb, puis la substance active, formant une source de petit diamètre; on excite alors l'électro-aimant de manière que le rayonnement soit rejeté en dehors de la plaque, et l'on observe qu'il se produit sur

tout le bord au-dessous de la source une impression due aux rayons qui y sont ramenés. Si l'on dispose, dans l'espace, sur le trajet des rayons, divers écrans, leur ombre se reproduit sous la plaque, montrant que les rayons normaux au champ sont ramenés sous la source elle-même, et que les rayons obliques sont ramenés sur l'axe du champ passant par la source.

» Enfin, si, à côté de la plaque horizontale, on dispose une plaque verticale dont le plan se prolonge au-dessus et au-dessous de la première, on obtient une section de toutes les trajectoires des rayons qui la rencontrent et l'on reconnaît que ceux-ci sont ramenés sur l'axe qui passe par la source.

» On rend compte de toutes les apparences en assimilant le rayonnement en question aux rayons cathodiques, et en considérant ce rayonnement comme soumis aux forces qui sollicitent des masses électriques négatives traversant le champ magnétique avec une grande vitesse. Dans ces conditions, les trajectoires des rayons normaux à un champ uniforme sont des cercles passant par la source, tangents à la direction originelle du rayonnement; ces cercles ont tous le même rayon R, dont la valeur est inversement proportionnelle à l'intensité du champ. Les rayons émis normalement à une plaque photographique parallèle au champ magnétique reviennent couper celle-ci normalement, et produisent une impression d'intensité maximum. Les rayons émis tangentiellement à la plaque reviennent sur eux-mêmes tangentiellement à celle-ci et ne produisent aucune impression.

» Pour une direction de propagation oblique, faisant avec l'axe du champ un angle α, la trajectoire est une hélice qui s'enroule sur un cylindre de rayon $R \sin\alpha$, ayant pour axe une parallèle à l'axe du champ, et tangent à l'élément de trajectoire au départ. L'hélice s'enroule dans le sens du mouvement des aiguilles d'une montre si la propagation a lieu dans le sens du champ, et en sens inverse si la propagation a lieu en sens contraire.

» Ces résultats, connus pour les rayons cathodiques, s'appliquent aux rayons déviables du radium. Le lieu des impressions maxima sur la plaque photographique horizontale correspond au lieu des intersections avec ce plan des rayons dont les directions originelles sont dans un plan vertical parallèle au champ. Ce lieu est un arc d'ellipse dont l'un des demi-axes est $2R$ pour la direction perpendiculaire au champ, et dont l'autre serait πR pour la direction de l'axe; mais les rayons n'atteignent pas ce point. Toutes les trajectoires de ces rayons ont la même longueur πR.

» Le lieu des intersections avec un plan normal à l'axe du champ, des

trajectoires des rayons obliques dont les éléments originels sont dans un plan passant par l'axe, est une courbe dont le point de départ est sur l'axe passant par la source, et dont la tangente à l'origine fait avec l'intersection des deux plans un angle égal à $\frac{d}{2R}$, d étant la distance du plan à la source, et R le rayon de la trajectoire circulaire définie ci-dessus. L'expérience vérifie cette valeur théorique.

» Dans un champ magnétique égal à 4000 unités C.G.S., on a obtenu pour R des valeurs voisines de $3^{mm},7$.

» 4° *Dispersion dans le champ magnétique.* — Il résulte de la forme des trajectoires que, dans l'expérience décrite au début de cette Note, si le rayonnement était homogène, les impressions devraient figurer des arcs d'ellipse intenses vers le bord extérieur et diffus vers le bord intérieur. Or, même avec une source radiante de très petit diamètre, les arcs d'ellipse sont très diffus vers l'extérieur, et la diffusion augmente lorsqu'en diminuant le champ magnétique on augmente la valeur de 2R. Cette diffusion paraît devoir être attribuée à une dispersion, par le champ magnétique, du faisceau des radiations dont mes expériences antérieures [1] avaient déjà signalé l'hétérogénéité.

» Si l'on dispose sur la plaque photographique enveloppée de papier noir, et placée parallèlement au champ, des écrans de diverses natures, tels qu'une lame d'aluminium de $0^{mm},1$ d'épaisseur, une lame de cuivre de $0^{mm},085$, l'impression sous ces écrans se compose d'arcs elliptiques décalés les uns par rapport aux autres. Dans un champ de 2400 unités environ, et sans autre écran que le papier noir, l'arc elliptique a pour petit axe dans la région du maximum d'intensité environ $2R = 12^{mm},2$. Sous l'aluminium : $2R = 16^{mm},5$. Sous le cuivre, la valeur de 2R est environ double de celle qu'on obtient sans écran; ces nombres ne sont donnés ici qu'à titre d'indication.

» Les impressions figurent des sortes de spectres d'absorption montrant que les rayons les plus déviés par le champ magnétique sont les plus facilement arrêtés dans ces conditions. Mais si, au lieu de placer l'écran d'aluminium sur la plaque photographique, on le place tout près de la source, bien que les rayons traversent successivement l'aluminium et le papier noir, l'arc elliptique obtenu sur la plaque a la même position que s'il n'y avait pas d'aluminium. Il semble que l'aluminium, à une très petite

---

(1) *Comptes rendus*, t. CXXIX, p. 912.

distance de la source, soit transparent pour certains rayons, et qu'il les arrête lorsque ceux-ci ont parcouru dans l'air un trajet de 2^{cm}. Je reviendrai prochainement sur ces phénomènes.

» 5° *Considérations sur la déviation électrostatique.* — Les faits qui viennent d'être exposés montrent qu'une partie du rayonnement du radium est tout à fait assimilable à des rayons cathodiques, ou à des masses d'électricité négative transportées avec une grande vitesse. On n'a pu jusqu'ici reconnaître l'existence de ces charges électriques. Il se pourrait toutefois que l'on se trouvât en présence de masses matérielles excessivement faibles, transportant des charges également très faibles, trop faibles pour être facilement mises en évidence, mais telles que le rapport $\frac{m}{e}$ de la masse à la charge fût d'un ordre de grandeur appréciable dans un champ magnétique. On sait que si v est la vitesse, H l'intensité du champ et ρ le rayon de courbure de la trajectoire, on doit avoir $\frac{m}{e} v = H\rho$. Or, nous avons trouvé pour $H = 4000$, $\rho = 0^c,37$; on aurait donc approximativement $\frac{m}{e} v = 1500$. Il est à remarquer que ce nombre est du même ordre de grandeur que ceux qui ont été trouvés pour les rayons cathodiques par M. J.-J. Thomson ([1]), par M. W. Wien ([2]) et par M. Lenard ([3]) qui donnent des valeurs de $\frac{m}{e} v$ variant de 1030 à 1273, avec des valeurs de v comprises entre $0,67.10^{10}$ et $0,81.10^{10}$.

» Ces masses en mouvement doivent subir, dans un champ électrique d'intensité F, une déviation $\theta = \frac{Fl}{\frac{m}{e} v^2} = \frac{Fl}{1500 v}$, l étant la longueur du chemin parcouru dans le champ. On sait qu'on n'a pu obtenir jusqu'ici aucune déviation électrostatique pour les rayons du radium. Peut-être ce fait tient-il à ce que les champs employés n'ont pas été assez intenses. On est réduit à faire sur ce point des hypothèses; si l'on admet comme vraisemblable que la vitesse v soit, comme pour les rayons cathodiques, de l'ordre de grandeur de la vitesse de la lumière, par exemple, comme dans les expériences de M. Lenard, le quart de cette vitesse, on voit que pour observer sur un trajet de 1^{cm} une déviation θ de quelques degrés, soit

---

(1) J.-J. Thomson, *Phil. Mag.*, 5e série, t. XLIV, p. 293; 1897.

(2) W. Wien, *Verhandl. der phys. Gesellsch. zu Berlin*, t. XVI, p. 165; 1897.

(3) Lenard, *Ann. der Physik und Ch.*, t. LXIV, p. 279; 1898.

$\theta = 0,20 = 11°,4$, il faudrait réaliser au moins un champ électrique de 2.10^{12} unités ou une différence de potentiel de 20000 volts entre deux plateaux distants de 1^{cm}; il faudrait donc, pour avoir une déviation électrostatique notable, employer des différences de potentiel égales ou supérieures à celles qui provoquent la décharge explosive entre les conducteurs dans l'air, ce qui ne peut être obtenu que dans le vide, et ne paraît pas avoir été fait jusqu'ici. On ne peut donc rien affirmer avant d'avoir réalisé l'expérience dans des champs électriques de l'ordre de grandeur de ceux qui ont été employés pour l'étude des rayons cathodiques. »

PÉTROGRAPHIE. — *Note sur les roches cristallines et éruptives de la Chine méridionale;* par MM. **Michel-Lévy**, **A. Lacroix** et **Leclère** [1].

« Nous avons examiné les roches cristallines rapportées par M. Leclère de sa mission dans la Chine méridionale. Elles se répartissent ainsi qu'il suit :

» *Roches de profondeur.* — Grâce aux grandes failles du faisceau du fleuve Rouge, on voit, depuis Hien-Bai jusqu'à Tali-Fou, au-dessous des formations paléozoïques, un soubassement de roches gneissiques et granitiques. La plupart sont des *schistes anciens micacés et feldspathisés*, identiques à plusieurs des types de Saint-Léon (Allier). Le type par superposition domine dans les horizons supérieurs (à 800^m dans la vallée du Sin-Chiem-Ho). Le type par juxtaposition se rencontre au-dessous (à 650^m dans la vallée). L'horizon du fleuve Rouge (à 150^m auprès de Lao-Kay) renferme un *granite éruptif* à mica noir.

» Dans la région stannifère de Ko-Tiou, les schistes granitisés, relevés au-dessus du bassin de Mong-tze et traversés par une *pegmatite à tourmaline*, renferment, à l'altitude de 1600^m, de la tourmaline et du sphène.

» Dans les régions d'épanchements mélaphyriques des bords du fleuve Bleu, la roche de profondeur est une *diorite* à bytownite, passant à des *amphibolites* nettement schisteuses. Cette diorite renferme des filons d'une roche à deux temps, composée de *microgranulite à amphibole*, avec mica noir, oligoclase et pyrite.

» Entre le Ia-Long-Kiang et le Kien-Chan, l'arête principale de la boucle

---

(1) MM. Michel-Lévy et Lacroix pour les déterminations pétrographiques; M. Leclère pour les gisements et les relations tectoniques.

du fleuve Bleu est formée par un massif de leptynite à quartz vermiculé très abondant, renfermant à l'est de Houi-Li-Tcheou des dikes puissants de *syénite néphélinique* composés d'orthose, d'albite, de microperthite, de néphéline et d'œgyrine; accessoirement apparaissent une amphibole de la famille de l'arfvedsonite, une lépidomélane, du sphène, de la sodalite et de la cancrinite. En outre, un des échantillons nous a présenté un minéral probablement nouveau, associé à l'œgyrine, sensiblement rhombique, à biréfringence voisine de 0,03, avec deux clivages rectangulaires parallèles à l'allongement; la bissectrice positive coïncide avec cet allongement; les axes optiques font un petit angle; le minéral est incolore et assez réfringent. Ces propriétés éliminent tous les minéraux, incolores en lame mince, des syénites néphéliniques déjà étudiées.

» Le passage de la ligne de fracture du grand Khin-Gan, au nord-est de Nan-Ning-Fou, est marqué par l'apparition d'un *granite* à grands cristaux, chargé de biotite, au-dessus duquel on trouve encore des *schistes granitisés*.

» *Roches d'epanchement.* — La partie centrale des roches basiques du fleuve Bleu se compose principalement d'un *mélaphyre labradorique* : grands cristaux de péridot transformé en bowlingite, d'augite, de labrador non zoné, à éclat vitreux; microlites de labrador et d'augite à structure fluidale, disséminés dans un verre altéré, riche en cristallites de magnétite.

» Le prolongement du massif interstratifié à la base du Carboniférien, dans la partie septentrionale du Yun-Nan, se compose de *porphyrites andésitiques* moins basiques, à structure microlitique, parfois enchevêtrée, parfois cristallitique, arborisée ou variolitique. Microlites d'oligoclase et d'augite, parfois d'andésine, dans un magma vitreux, souvent transformé en chlorite, avec sphène secondaire et produits ferrugineux. Les mêmes roches apparaissent encore près de Mei-Tchai, au passage de la rivière de Kou-Tchou, dans la zone de fracture du grand Khin-Gan. Elles s'y trouvent aussi à l'état de brèches.

» Au passage de la même zone à Iang-Tze-Lan, entre Nan-Ning et Lang-Son, on rencontre aussi, sous le calcaire carboniférien, un *porphyre à quartz globulaire,* à grands cristaux d'albite, qui se retrouve au Tonkin, dans la même direction.

» Un *basalte labradorique* très frais, analogue aux mélaphyres du fleuve Bleu, forme la roche principale de notre nouvelle possession de Kouang-Tcheou-Ouan.

» Toutes les formations sédimentaires jusqu'au Lias sont traversées par

un *porphyre pétrosiliceux* rouge à grands cristaux de quartz bipyramidé très rongés, d'orthose vitreux, passant parfois à la microperthite, et d'oligoclase. Les quartz anciens sont cerclés de quartz plus récent, orienté comme eux. Magma à éponges de quartz, noyées dans une matière amorphe, chargée de produits ferrugineux.

» Enfin, des filons de *diabase* traversent la diorite du fleuve Bleu et se sont épanchés au-dessus du système archéen depuis le fleuve Bleu jusqu'au Tonkin (à 1200^m dans la vallée du Sin-Chiem-Hô).

» Le massif granitique au nord de Nan-Ning renferme des filons de *tourmalinite* quartzeuse. »

GÉOLOGIE. — *Le bassin houiller du Gard et les phénomènes de charriage.* Note de M. **Marcel Bertrand.**

« Le bassin houiller du Gard borde, au nord d'Alais, le terrain cristallin des Cévennes, d'abord, quand on descend du nord au sud, en ligne droite jusqu'au delà de Bessèges, puis, plus loin, en remontant dans une anse profonde qui forme le bassin de la Grand'Combe. Plus au sud, les affleurements, longtemps masqués par une couverture de terrains secondaires, reparaissent près d'Alais à Rochebelle.

» Un grand accident, souvent et passionnément discuté, complique la structure du bassin de la Grand'Combe; les couches de ce bassin, Champclauson et Grand'Baume, en moyenne peu bouleversées, se relèvent brusquement et se renversent en approchant du vallat de la Grand'Combe; leur branche renversée est en contact avec des couches toutes différentes, celles de la montagne Sainte-Barbe. Rien n'indique *a priori* si Grand'-Baume est supérieure à Sainte-Barbe, ou si le contraire a lieu; l'étude des empreintes végétales a démontré à M. Zeiller, puis à M. Grand'Eury, que les couches de Sainte-Barbe sont en réalité les plus anciennes, de même âge que celles de Bessèges. On admet donc généralement qu'une grande faille oblique a remonté le système de Sainte-Barbe et l'a juxtaposé au système plus récent.

» Callon avait pourtant bien vu autrefois que Sainte-Barbe est non pas juxtaposé, mais superposé au système de Grand'Baume. J'ai pu vérifier et appuyer sur de nouvelles preuves l'ancienne opinion de Callon, et montrer même que la superposition a lieu *en discordance*. Puisque Sainte-Barbe est cependant plus ancien, il faut donc admettre que le système est venu

à sa position actuelle par suite d'un transport; la faille oblique qui le sépare de Grand'Baume ne s'enfonce pas en profondeur, elle se relève en forme de cuvette; c'est une ancienne faille horizontale, une faille de charriage, postérieurement plissée.

» De l'autre côté de l'arête de micaschistes du Rouvergue, le système de Bessèges, contemporain de celui de Sainte-Barbe, s'enfonce sous des étages plus récents, l'étage stérile et l'étage de Gagnières, ce dernier à peu près contemporain de la base du système de la Grand'Combe. Mais de plus, en avançant plus à l'est, on trouve, au-dessus de ces dernières couches, toute une série nouvelle, celle des couches de Molières et des couches de Saint-Jean, montrant toujours le même pendage à l'est et semblant superposées aux assises précédentes. Une galerie à travers bancs, menée de Bessèges à Molières, a constaté une succession régulière et en apparence continue. Il n'y a donc aucun doute pour les exploitants que Molières et Saint-Jean ne représentent les termes les plus élevés de la série du Gard, supérieurs à Bessèges et à Gagnières. Mais l'étude de la flore contredit ce résultat; elle indique que Molières est du même âge que Bessèges. Il est donc probable qu'il y a là encore un phénomène de même ordre que celui qui rapproche Sainte-Barbe de Grand'Baume. Et en effet, en suivant depuis la Grand'Combe la trace de la surface de charriage, j'ai pu la suivre jusqu'au point où, près du Martinet, elle disparaît sous les terrains secondaires, juste en face de la ligne de séparation des systèmes de Gagnières et de Molières. C'est donc, selon toute probabilité, le même plan de charriage qui superpose d'une part Molières à Gagnières, et d'autre part Sainte-Barbe à Grand'Baume. L'étude de détail permet d'ailleurs de dégager plusieurs preuves, directes et indirectes, de l'existence de ce grand charriage, qui a certainement dépassé 10^{km}.

» Il y a là une constatation nouvelle, et d'un grand intérêt : non seulement le phénomène de charriage du Gard permet de coordonner et d'expliquer simplement toutes les anomalies du bassin; mais son existence même a, au point de vue de l'histoire de la chaîne houillère, une importance considérable. Elle montre combien est erronée l'opinion, très répandue en France depuis la découverte de M. Douvillé [1], que la discordance du houiller supérieur et du houiller inférieur (Stéphanien et Westphalien) est le fait capital et culminant de l'histoire de la chaîne. Les grands charriages sont le fait, non seulement le plus considérable, mais encore le plus essen-

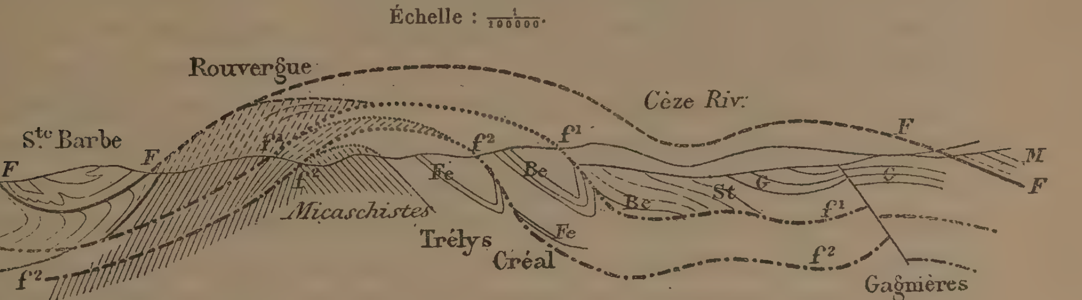
---

[1] *Comptes rendus*, 20 mai 1874.

tiel et le plus caractéristique dans la formation d'une chaîne; tant qu'ils ne sont pas terminés, la chaîne est en voie de formation, et *en voie de formation continue*. Les discordances qu'on y observe sont uniquement l'indice des régressions et des transgressions qui se sont produites sur son emplacement : là où les eaux revenaient sur un terrain abandonné, elles le trouvaient plissé en proportion du temps qu'avait duré l'abandon. Et c'est

Coupe brisée sud-ouest nord-est à travers le bassin houiller du Gard, par Ricard, Sainte-Barbe, Trélys, Créal et Gagnières.

Échelle : $\frac{1}{100000}$.



F, grande faille de charriage.
f_1, première faille d'entraînement dans le substratum (faille de la Chapelle-Saint-Laurent).
f_2, seconde faille d'entraînement (faille de Robiac).
C, couche de Champclauson.
SB, couche Grand'-Baume.
SR, couches du sondage Ricard.
G, couches de Gagnières.
St, étage stérile de Bessèges.
Be, couches de Bessèges.
Fe, couches de Feljas.

ainsi que les transgressions du Silurien supérieur dans la chaîne calédonienne, du Stéphanien dans la chaîne hercynienne, et du Cénomanien dans la chaîne alpine, ont produit dans les trois chaînes de nombreux exemples de discordances. Je cite ensemble ces trois transgressions, parce que, dans la comparaison qu'on peut établir, terme par terme, détail par détail, dans l'histoire des trois chaînes, elles sont complètement homologues, et correspondent rigoureusement à la même phase. Elles ont créé des discordances partout où la transgression s'est fait sentir; mais dans les autres points, qui sont naturellement les plus nombreux, la concordance reste la règle : c'est ainsi que le Westphalien et le Stéphanien sont concordants dans le bassin de Saarbrück, dans le centre de l'Angleterre, dans le bassin d'Édimbourg, en Silésie, dans le bassin du Donetz, dans l'Oural,

dans les Alléghanys, tandis qu'on ne pourrait guère citer que les Asturies où les deux terrains coexistent en discordance. Bien plus, la transgression n'ayant pas commencé partout au même moment, on connaît plusieurs régions, comme la Bohême et la Saxe, où la série discordante débute par un peu de Westphalien supérieur. On ferait exactement les mêmes remarques pour le Silurien supérieur et le Cénomanien.

» Une fois le charriage constaté, les nombreux renseignements que donne l'exploitation souterraine permettent de l'étudier dans le Gard avec un grand détail. On constate ainsi que, lorsque la nappe charriée a rencontré une saillie préexistante, elle l'a *rabotée,* en entraînant avec elle tout ce qui lui faisait obstacle : c'est ainsi qu'en passant au-dessus de l'arête préexistante du Rouvergue, dont la crête avait limité au nord-ouest l'extension des lagunes du Stéphanien inférieur, elle en a enlevé toute la couverture des terrains houillers, pour reposer directement sur les micaschistes. De plus, en dessous des couches ainsi balayées, il en est un certain nombre qu'elle a poussées devant elle, sans les détacher de leur racine; elle les a simplement *retroussées,* déterminant ainsi la formation d'un phénomène très spécial, de cuvettes renversées tronquées par une faille et non suivies d'un pli anticlinal correspondant.

» L'adhérence de la nappe charriée avec son substratum a encore produit d'autres effets : elle a déterminé dans ce substratum des plans de fracture parallèles au mouvement, c'est-à-dire à peu près horizontaux, et elle a détaché ainsi une ou plusieurs tranches, des *lames de charriage*, qu'elle a entraînées plus ou moins loin à sa suite. Ces failles horizontales ont été plissées postérieurement avec les couches, et en général, elles affleurent naturellement aux points où le plissement postérieur, en les redressant, leur a donné le plus de chances d'être rencontrées par la surface du sol, c'est-à-dire aux points où elles sont devenues presque verticales. Leur véritable signification a donc dû longtemps échapper, et c'est seulement après qu'on est prévenu de leur existence, qu'on peut la mettre en évidence par le contour sinueux de leurs affleurements.

» Enfin, l'étude de la nappe charriée elle-même fournit aussi des résultats intéressants : on y constate que, dans le mouvement, les couches ont une tendance à glisser les unes sur les autres, tantôt produisant des cassures nettes analogues à celles du substratum, tantôt se poussant, se pressant avec froissements et plis multiples, et tendant à se chevaucher les unes les autres : les coupes de la montagne Sainte-Barbe et celle de Rochebelle (pli

du Cendras) sont particulièrement instructives à cet égard : on peut presque dire que le mode de plissement et l'allure des bancs permettent *a priori* de distinguer la nappe charriée du substratum.

» Ces diverses constatations sont identiques à celles que j'ai faites en Basse Provence ; elles mettent bien en évidence le fait déjà signalé par moi, que les chaînes successives ne sont qu'une répétition, étroitement calquée, des mêmes phénomènes. Elles permettent de considérer comme générales les lois qui en ressortent pour le mécanisme du charriage :

» Les masses mises en mouvement agissent avec une force irrésistible, et en même temps avec un douceur extraordinaire, qui tient à la lenteur du mouvement (certainement moins d'un mètre en cinq ans), et qui leur permet de transporter, sans les écraser, ni les abîmer d'aucune manière, les couches les plus délicates et les plus fragiles, comme des couches de houille (¹).

» Elles agissent sans violence, mais elles écartent tout ce qui leur fait obstacle, et rabotent ainsi toutes les saillies préexistantes du substratum ; sur les bords de la saillie rabotée, elles *retroussent* les couches en forme de cuvettes renversées et tronquées.

» Elles transportent avec elles, soit en masse, soit sous forme de fragments, les parties rabotées, et les disséminent dans les dépressions préexistantes du substratum ; quelquefois aussi elles entraînent plus ou moins loin des *lames* détachées par adhérence. Les failles horizontales ainsi déterminées ont été plissées postérieurement avec les couches.

» Souvent le retroussement des couches du substratum est suivi d'un arrachement de la partie renversée de la cuvette ; on a ainsi des portions plus ou moins étendues de nappes renversées, qu'on a appelées *lambeaux de poussée,* et qui jalonnent irrégulièrement la base de la nappe charriée. Ces nappes renversées ont été également plissées avec les couches ; elles l'ont été quelquefois *jusqu'au renversement,* et les couches se trouvent ainsi localement remises en position normale. C'est le cas qui se présente pour la série classique des Martigues, auprès de Marseille.

» La nappe charriée s'est en général mue en masse, tout d'un bloc, si bien que ses couches ne présentent aucune trace de dérangement ni d'altération. Pourtant des glissements relatifs peuvent se produire suivant les

---

(¹) Voir l'exemple du bassin houiller de Silésie (*Bull. Soc. Géol.,* 3ᵉ série, t. XXVI, p. 647).

bancs, surtout au voisinage des assises marneuses, qui se trouvent ainsi supprimées par une *lacune mécanique*, que rien ne distingue d'abord, si ce n'est l'irrégularité de ses intermittences, d'une lacune sédimentaire. Il peut aussi s'y produire des cassures nettes, avec déplacement relatif plus ou moins considérable dans le sens du mouvement, c'est-à-dire dans le sens horizontal.

» Mais ces glissements relatifs sont surtout développés à la base de la série, *qui s'écrase et s'étire dans toutes les proportions*. Au-dessus d'un étage de base, qui s'étale sur la surface de charriage et joue en quelque sorte le rôle de lubréfiant (le Trias dans les Alpes et en Provence), la masse charriée, régulière dans ce qui en reste, débute par un terme quelconque, souvent très élevé dans la série. Les étages intermédiaires manquent complètement ou ne sont représentés que par quelques couches très amincies. L'étage de base, avec les lames de charriage et les lambeaux de poussée, a rempli les dépressions préexistantes du substratum, où il s'est souvent amassé avec une grande épaisseur.

» Enfin, il arrive en certains points que la nappe charriée, par sa masse, fait elle-même obstacle à son propre mouvement : alors les couches se pressent, se froissent, s'entassent et se chevauchent, en produisant les plis les plus énergiques des régions de montagnes.

» Telle est en résumé la description et la synthèse des diverses phases que j'ai pu observer dans le phénomène. Mais cet aperçu serait incomplet si l'on ne faisait entrer en ligne de compte quelques-uns des exemples observés dans les grandes Alpes.

» La nappe charriée a une épaisseur énorme, de plusieurs milliers de mètres ; c'est ce qui, avec la lenteur du mouvement, lui permet de s'avancer sans se disloquer. Mais, de plus, elle n'avance pas tout entière à l'air libre ; la base au moins, en certains points, s'avance en pénétrant souterrainement dans les couches du substratum et en y faisant sa trouée. C'est ce qu'on voit avec évidence au mont Jolly, où une série de plis horizontaux superposés dessinent des dents à échancrures très profondes, entre lesquelles se moulent les premières couches en longues sinuosités de plusieurs kilomètres, tandis que les couches supérieures suivent le même dessin en l'atténuant progressivement, et que les couches tertiaires du Flysch qui, sans doute, se déposaient encore pendant le mouvement, n'en sont plus qu'à peine affectées. C'est encore ce que montre le *double pli* de Glaris, qui n'est très probablement qu'un *pli unique,* qui, à l'est, avec ses

50^{km} de développement horizontal, disparaît brusquement sous le Flysch, sous lequel il doit nécessairement se continuer, avec les mêmes pénétrations en forme de coins et avec le moulage progressivement atténué de leurs intervalles, que l'on observe au mont Jolly.

» D'après les observations faites dans les différentes chaînes, on a déjà été conduit à attribuer aux charriages horizontaux des amplitudes atteignant 200^{km}; la théorie, comme je le montrerai, mène à augmenter encore sensiblement ce nombre. En tout cas, quelle que soit son amplitude, incontestablement très grande, le phénomène de charriage suffit à lui seul pour produire, avec tous ses détails, la structure plissée des montagnes; et une partie au moins de cette structure se forme souterrainement, sous des couches encore immergées, dont la forme superficielle en est à peine affectée. Une autre partie s'en produit peut-être à l'air libre; mais rien n'indique, dans l'analyse du phénomène, que cette production soit accompagnée d'une saillie importante du sol. L'examen direct de certaines chaînes montre même que le charriage s'est terminé, et avec lui la structure essentielle de la chaîne, *sans qu'il y ait eu émersion*. C'est le cas pour la Provence. Les phénomènes de charriage se suivent là avec toute leur amplitude jusqu'à l'endroit où la chaîne de la Nerthe disparaît sous la mer; ils devaient donc, par continuité, se poursuivre encore très loin vers l'ouest, jusque vers les Pyrénées, où d'ailleurs on les retrouve. Si le charriage avait formé une chaîne saillante, elle aurait fait obstacle à la pénétration des eaux marines dans la vallée du Rhône; or, non seulement ces eaux y pénètrent, sous forme de lagunes saumâtres, dès le début de l'oligocène, c'est-à-dire immédiatement après la fin des grands mouvements, mais à la base de la série oligocène discordante, M. Vasseur vient de trouver, *avec les mêmes fossiles*, des couches éocènes qui figurent aussi dans la série affectée par les charriages; la mer pénétrait donc *avant la fin* des grands mouvements, qui par conséquent à aucun moment n'ont dressé là de barrière, si basse qu'on veuille la supposer. L'émersion n'a eu lieu que postérieurement, isolant le bassin du Rhône, où les eaux oligocènes se sont alors progressivement dessalées. On constate une histoire semblable pour les massifs isolés qu'on considère comme les débris de la chaîne houillère; cette chaîne n'a jamais élevé d'autre partie saillante que ces prétendus débris, et elle les a élevés progressivement, après le charriage, et après la formation souterraine de la structure plissée.

» On voit donc se dégager, sous une forme inattendue, l'histoire d'une

chaîne de montagne : c'est d'abord, comme on le sait depuis longtemps, sur l'emplacement de la future chaîne, la formation d'une grande cuvette *géosynclinale*, où s'entassent les matériaux avec lesquels la chaîne sera construite ; l'observation montre encore que cette cuvette se forme dissymétrique, et que son fond (en Europe du moins) va toujours en s'enfonçant vers le sud. Il se forme alors sur un des bords (toujours le bord sud en Europe) un bourrelet, qui, se trouvant sans contrepoids, se met en mouvement et descend recouvrir la cuvette, en en entraînant avec lui toute la partie méridionale ; la cuvette se double en quelque sorte par un phénomène de charriage, dont le mécanisme obéit à des lois constantes et très simples, et qui suffit, par les entraînements produits, par la pénétration de la base dans les couches en formation, par les glissements relatifs des couches qui se pressent et se chevauchent, à créer la structure plissée caractéristique des régions montagneuses ([1]). De plus, pendant tout ce temps, les tensions qui rident continuellement l'écorce terrestre suivant les lignes fixes d'un réseau orthogonal (*Comptes rendus*, 22 février, 1892) déterminent la formation progressive de plis dans l'ensemble de la cuvette géosynclinale et de la nappe charriée ; mais toute cette structure complexe se produit sans qu'il y ait élévation permanente, ni même souvent émersion de la chaîne future ; c'est postérieurement seulement qu'une élévation d'ensemble crée la montagne au sens géographique, amène en saillie la zone plissée, et permet ainsi à l'érosion d'en mettre la structure en évidence. S'il se formait actuellement une chaîne de montagne, c'est sous la mer qu'il faudrait en chercher l'emplacement, et le travail, prodigieusement lent, pourrait se faire sans que rien le trahît à la surface des eaux.

» J'espère pouvoir montrer prochainement que l'explication de cette série de phénomènes peut se faire rationnellement, conformément aux principes les plus simples, et que l'application à ces phénomènes des théorèmes généraux de la Mécanique permet de prévoir d'autres conséquences intéressantes. »

([1]) La possibilité de la formation des plis comme conséquence du charriage a déjà été indiquée par Reyer (*Theoretische Geologie*), en partant d'un point de vue très différent.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les volumes moléculaires de quelques dérivés du camphre.* Note de MM. A. **Haller** et **P.-Th. Muller**.

« L'étude du volume moléculaire est le complément naturel de notre travail sur les propriétés optiques de certains composés du camphre ([1]). Il nous a suffi de soumettre au calcul les matériaux accumulés dans nos recherches optiques.

» Jusqu'à présent, on s'est occupé principalement du volume moléculaire des corps homogènes purs et des substances dissoutes dans l'eau. Il est probable cependant que des dissolvants organiques tels que le benzène ou le toluène n'altèrent pas profondément le volume moléculaire des corps dissous, si bien qu'il sera permis d'employer les coefficients déterminés par M. J. Traube ([2]) pour les corps homogènes.

» Nous rappelons d'abord quelques définitions. Un corps homogène de poids moléculaire M et de densité d a pour volume moléculaire $\frac{M}{d}$. Si le corps est dissous, en désignant par S le poids du dissolvant qui tient en dissolution le poids (moléculaire) M de matière, par d la densité de la solution, par d' celle du dissolvant pur, à la même température, le volume moléculaire du corps dissous V est donné par l'expression

$$V = \frac{M+S}{d} - \frac{S}{d'}.$$

» Toutes nos densités ont été prises à la température constante de 20°; elles sont rapportées au vide et à l'eau à 4° (d_4^{20}). Le dissolvant est le toluène pur $d_4^{20} = 0,8662$.

» Nous avons trouvé pour le volume moléculaire du camphocarbonate de méthyle pur, qui est liquide, 194,08, tandis que pour la solution toluénique $\frac{1}{4}$ normale, le vol. mol. = 192,04; différence, 2,04. De même, le volume moléculaire du camphorate de méthyle liquide et pur est 211,51,

---

([1]) *Comptes rendus*, t. CXXVIII, p. 1370; t. CXXIX, p. 1005; 1899. Dans ce dernier Mémoire, il s'est glissé quelques erreurs. Dans la colonne *nom de la substance, il faut lire* benzylcamphre $C^{17}H^{22}O$, et pipéronylcamphre $C^{18}H^{22}O^3$, *au lieu de* benzylidènecamphre $C^{17}H^{20}O$ et pipéronylidènecamphre $C^{18}H^{20}O^3$.

([2]) *Sammlung Chem. Vorträge*, p. 273 et 275; 1899.

et dans la solution toluénique $\frac{1}{4}$ normale 209,91; différence, 1,60. Les résultats de nos calculs peuvent donc être considérés comme approchés, à environ deux unités près, par rapport aux nombres donnés par des corps homogènes.

» Voici le Tableau qui résume nos expériences :

Nom de la substance.	Formule.	Poids moléculaire.	Normalité approximative de la liqueur.	Poids du corps dans 100gr de solution.	d_4^{20} de la solution.	Volume moléculaire trouvé cm³.	Volume moléculaire calculé cm³.	Différence cm³.	
Benzylidène camphre	$C^{17}H^{20}O''\vert^{=}_{4}$	240	$\frac{1}{2}$	13,4718	0,8879	226,8	247,2	20,4	Moy. 20,55
Id.	Id.	240	$\frac{1}{4}$	6,7828	0,8771	226,5	»	20,7	
Cuminal camphre	$C^{20}H^{26}O''\vert^{=}_{4}$	282	$\frac{1}{8}$	4,0253	0,8717	274,3	295,5	21,2	
Orthométhylbenzylidène c. ou salicylal camphre	$C^{18}H^{22}O''O^{<}\vert^{=}_{4}$	270	$\frac{1}{4}$	7,5960	0,8807	244,4	268,8	24,4	
Métaméthylbenzylidène camphre	Id.	»	$\frac{1}{4}$	7,6514	0,8803	246,6	»	22,2	
Paraméthylbenzylidène camphre ou anisal camphre	Id.	»	$\frac{1}{4}$	7,6021	0,8805	244,9	»	23,9	
							Moyenne ...	22,5	
Benzyl camphre	$C^{17}H^{22}O''\vert^{=}_{3}$	242	$\frac{1}{2}$	13,6044	0,8863	232,8	255,1	22,3	Moy. 22,7
Id.	Id.	»	$\frac{1}{4}$	6,8537	0,8764	232,0	255,1	23,1	
Cuminyl camphre	$C^{20}H^{28}O''\vert^{=}_{3}$	284	$\frac{1}{5}$	6,5058	0,8740	282,7	303,4	20,7	
Éthylsaligényl camphre	$C^{19}H^{26}O''O^{<}\vert^{=}_{3}$	286	$\frac{1}{8}$	6,5882	0,8765	271,4	292,8	21,4	
Métaméthoxybenzyl camphre	$C^{18}H^{24}O''O^{<}\vert^{=}_{3}$	272	$\frac{1}{5}$	6,2071	0,8770	251,6	276,7	25,1	(liq.)
Paraméthoxybenzyl camphre ou anisyl camphre	$C^{18}H^{24}O''O^{<}\vert^{=}_{3}$	272	$\frac{1}{4}$	7,7745	0,8795	253,0	276,7	23,7	
							Moyenne ...	22,7	
Camphre	$C^{10}H^{16}O''$	152	$\frac{1}{4}$	4,3497	0,8703	156,6	180,4	23,8	
Bornéol	$C^{10}H^{18}O'$	154	$\frac{1}{4}$	4,4285	0,8700	160,2	183,4	23,2	
Camphocarbonate de méthyle	$C^{12}H^{18}O''_{2}O^{<}$	210	$\frac{1}{4}$	5,9677	0,8771	192,0	217,4	25,4	(liq.)
							Moyenne ...	24,1	
Pipéronal camphre	$C^{18}H^{20}O''O^{<}_{2}\vert^{=}_{2}$	284	$\frac{1}{8}$	4,0420	0,8756	241,0	268,1	27,1	
Pipéronyl camphre	$C^{18}H^{22}O''O^{<}_{2}\vert^{=}_{3}$	286	$\frac{1}{4}$	8,1141	0,8846	245,4	276,0	30,6	
Succinate neutre de bornéol (température 25°)	$C^{24}H^{38}O''_{2}O^{<}_{2}$	390	$\frac{1}{4}$	11,0198	0,8790 (25°)	370,9	404,1 (25°)	33,2	
Camphorate méthyle	$C^{12}H^{20}O''_{2}O^{<}_{2}$	228	$\frac{1}{4}$	6,4788	0,8777	209,9	229,1	19,2	
Id. pur	Id.	228		100,0000	1,0779	211,51	»	17,6	
Camphocarbonate de méthyle pur	$C^{12}H^{18}O''_{2}O^{<}_{2}$	210		100,0000	1,0820	194,08	217,4	23,3	

» La colonne des volumes moléculaires calculés a été obtenue à l'aide de la formule de M. J. Traube

$$V = \Sigma a - N - L + C.$$

» Les coefficients atomiques a sont :

Pour C.	Pour H.	Pour O″ et O< (carboxyle).	Pour O′ (oxyhydrile).
9,9	3,1	5,5	2,3

N est un coefficient qui dépend de la nature et du nombre des noyaux ou chaînes fermées. Nous n'avons pris en considération que le noyau hexaméthylénique, laissant provisoirement de côté les autres noyaux de nos molécules. Pour la chaîne hexaméthylénique N vaut 8,1.

» L est un coefficient proportionnel au nombre de doubles liaisons |=; il est égal à 1,7 pour chaque double liaison.

» Ainsi, le décrément total pour le noyau benzénique est

$$8,1 + 3 \times 1,7 = 8,1 + 5,1 = 13,2$$

(benzyl-camphre et analogues). Le décrément total pour un noyau benzénique et une double liaison est $13,2 + 1,7 = 14,9$ (benzylidènecamphre et analogues).

» Enfin C désigne un covolume, le même pour toutes les molécules, et qui varie un peu avec la température (suivant M. J. Traube, proportionnellement à la température absolue); à 20°, on a $C = 26,3$; à 25°, $C = 26,7$. Les coefficients a, N, L sont sensiblement indépendants de la température. On voit, d'après cela, qu'en admettant la règle de Traube et en supposant nos molécules non associées, la différence (calculé — trouvé) représente précisément la *somme des décréments des noyaux* dont nous n'avons pas tenu compte.

» Les corps étudiés se classent en quatre groupes d'après le nombre de leurs noyaux :

» 1° *Un seul noyau :* camphorate de méthyle; décrément 19,2. Le décrément du corps pur, non dissous, est 17,6. Nous nous réservons d'étudier d'autres corps du même type.

» 2° *Deux noyaux :* dérivés proprement dits du camphre : camphre, bornéol, camphocarbonate de méthyle, et, puisqu'il nous est possible de défalquer le noyau benzénique, nous classons dans la même catégorie les corps de la formule du benzylidènecamphre et du benzylcamphre. Le décrément est, en moyenne, de 23 (sur treize corps étudiés). Les extrêmes sont 20,6 et 25,4; les divergences sont peut-être dues en partie à des traces d'association, ou, en ce qui concerne le métaméthoxybenzylcamphre (qu'on n'a pu obtenir qu'à l'état liquide), à un produit plus hydrogéné, au composé $C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}CH.CH^2.C^6H^4-CH^3\\ |\\ CHOH\end{array}\right.$ par exemple.

» 3° *Trois noyaux* (en défalquant la chaîne benzénique) : pipéronal et pipéronylcamphre. Aux deux noyaux du camphre vient s'ajouter ici le chaînon pipéronylique

$$\begin{array}{l}-O\\ -O\end{array}\!\!\Big\rangle CH^2.$$

» Le décrément total est maintenant en moyenne de 29; le chaînon pipéronylique augmente le décrément du camphre d'environ 6 unités.

» 4° *Quatre noyaux :* succinate neutre de bornéol. Ce corps renferme deux fois les noyaux du camphre. Le décrément a encore augmenté, nous trouvons 33,2; mais cet exemple semble montrer que la loi d'addition des décréments nucléaires ne saurait être absolument générale; deux noyaux camphre nous donneraient, par addition, un décrément égal à 46.

» En résumé, il résulte de nos expériences (que nous nous proposons d'ailleurs de compléter), que le décrément de volume correspondant aux deux noyaux admis actuellement dans le camphre est d'environ 23^{cc}, du moins pour les solutions toluéniques qui sont à peu près quart normales. Ce nombre, que nous considérons encore comme provisoire, permettra néanmoins de fixer d'une manière suffisante le poids moléculaire des composés du camphre par la méthode des densités. Il permettra aussi de déceler l'existence et la production de nouvelles chaînes fermées dans les molécules dérivées du camphre. »

GÉOGRAPHIE. — *Matériaux d'étude topologique pour l'Algérie et la Tunisie;* par M. **Bassot.**

« J'ai l'honneur de présenter à l'Académie le dixième Fascicule des *Cahiers du Service géographique de l'Armée,* qui vient d'être composé sous ma direction.

» Les *Cahiers du Service géographique* constituent une publication inaugurée en 1895 et réservée en principe aux officiers du Service, qui est destinée à faire connaître les études spéciales que certains d'entre eux ont pu faire sur les divers sujets intéressant les travaux de l'établissement.

» Le dixième Fascicule constitue le premier terme d'une série intitulée : *Matériaux d'étude topologique pour l'Algérie et la Tunisie.*

» Il contient, pour treize feuilles, des cartes régulières de ces deux pays :

» 1° Des *Croquis techniques* donnant le tracé des affleurements des principaux bancs saillants de roches dures, le sens de leur pendage et sa valeur approximative, le tout mis en regard d'une réduction photographique des minutes mêmes des levés des feuilles correspondantes;

» 2° Des Notices décrivant la structure et les principaux caractères topographiques de la région, étudiée sur place d'après les cartes géologiques

existantes et aussi parfois avec le très obligeant concours de géologues qualifiés;

» 3° Des Vues pittoresques communiquées par les officiers topographes.

» Le Service géographique de l'Armée n'a pas eu la prétention de faire ici œuvre géologique : c'eût été sortir de son rôle et de sa compétence. Depuis 1896, il est prescrit aux officiers des brigades topographiques de recueillir, au cours de leurs levés, les documents dont il s'agit, pour que leurs matériaux réunis fassent la base d'une figuration rationnelle des formes du terrain. Les planches du Fascicule 10 permettront d'apprécier si, ainsi comprise et s'inspirant des doctrines nouvelles, leur topographie est expressive et vraiment fidèle. »

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination d'une Commission de six Membres, qui sera chargée de présenter une liste de candidats pour une place d'Associé étranger. Cette Commission doit comprendre trois Membres choisis dans les Sections de Sciences mathématiques, et trois dans les Sections de Sciences physiques.

MM. **Faye**, **Darboux**, **Cornu**, **Berthelot**, **Van Tieghem**, **Marey** réunissent la majorité des suffrages.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la formation d'une liste de deux candidats qui devront être présentés à M. le Ministre de l'Instruction publique pour la chaire d'Embryogénie comparée, vacante au Collège de France.

Au premier tour de scrutin, destiné à la désignation du premier candidat, le nombre des votants étant 37,

M. Henneguy obtient. . . . . . 37 suffrages

Au second tour de scrutin, destiné à la désignation du second candidat, le nombre des votants étant 31,

M. Roule obtient . . . . 31 suffrages

En conséquence, la liste présentée par l'Académie à M. le Ministre sera composée comme il suit :

En première ligne . . . . M. **Henneguy**
En seconde ligne. . . . . M. **Roule**

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination d'un Correspondant pour la Section de Géométrie.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 34,

M. Mittag-Leffler obtient. . . . . . . 33 suffrages,
M. Gordan. . . . . 1 »

M. **Mittag-Leffler**, ayant réussi la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination d'un Correspondant pour la Section de Géographie et Navigation.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 32,

M. Bienaymé obtient. . . . . 32 suffrages.

M. **Bienaymé**, ayant réuni l'unanimité des suffrages, est proclamé élu.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination de Commissions de prix chargées de juger les concours de 1900.

Le dépouillement des scrutins donne les résultats suivants :

Prix Lalande (*Astronomie*). — MM. Lœwy, Callandreau, Faye, Janssen, Wolf.

Prix Plumey. — MM. de Bussy, Sarrau, Maurice Lévy, Léauté, Guyou.

Prix Montyon (*Mécanique*). — MM. Léauté, Maurice Lévy, Sarrau, Marcel Deprez, Sebert.

Prix extraordinaire de six mille francs. — MM. Guyou, Bouquet de la Grye, de Bussy, Sarrau, de Jonquières.

Prix Poncelet. — MM. Poincaré, Darboux, Sarrau, Picard, Jordan.

CORRESPONDANCE.

M. le **Président** annonce à l'Académie la perte qu'elle vient de faire dans la personne de M. *Marion,* Correspondant pour la Section d'Anatomie et de Zoologie, Professeur à la Faculté des Sciences de Marseille et Directeur du Musée d'Histoire naturelle de cette ville.

M. A. **Milne-Edwards** ajoute :

« M. Marion avait su donner une forte impulsion aux recherches zoologiques et créer à Marseille une école très active et très vivante. Dans le laboratoire maritime d'Endoume, il étudiait les animaux du golfe et les questions relatives à la Pisciculture. A la Faculté des Sciences, il réunissait de nombreux élèves, qu'il savait captiver et retenir. Il fit partie de toutes les campagnes du dragage du *Travailleur* et du *Talisman* et réunit ainsi de précieux matériaux qu'il n'eut pas le temps de faire connaître.

» Sous le titre d'*Annales du Muséum de Marseille*, il avait fondé un superbe Recueil, dans lequel il insérait ses propres travaux et ceux de ses élèves.

» Sa mort est un deuil pour la Science. »

M. le **Président** annonce à l'Académie la mort de M. *David-Edward Hugues,* très connu par ses importants travaux sur la télégraphie, la téléphonie et le magnétisme.

M. Hugues a fait une partie de ses recherches en France, où son télégraphe imprimant a été adopté par l'Administration. Sa balance d'induction est aussi un appareil très apprécié.

M. **Péron**, nommé Correspondant pour la Section de Minéralogie, adresse ses remercîments à l'Académie.

ASTRONOMIE. — *Observation des Léonides en Russie en* 1899. Note de M. S. de Glasenapp, présentée par M. Lœwy.

« L'observation des Léonides en novembre 1899 a été organisée sur une grande échelle par l'observatoire de l'Université impériale de Saint-Pétersbourg. On a imprimé 1200 circulaires contenant le programme des observations et chaque circulaire fut accompagnée de deux Cartes de la constellation du Lion et de ses environs; c'est la copie de la Carte publiée par M. le Professeur E.-C. Pickering, Directeur de l'observatoire du Collège Harvard, à Cambridge (États-Unis de l'Amérique du Nord). Les circulaires ont été distribuées parmi les membres de la Société Astronomique de Russie et les journaux quotidiens de l'Empire, qui ont imprimé une reproduction autotypique de la Carte. En outre, grâce à l'aimable obligeance du Directeur de l'observatoire physique central Nicolas, M. Rykatcheff, les mêmes circulaires ont été transmises aux observatoires et stations météorologiques de l'Empire.

» Je regrette beaucoup de faire remarquer que, pendant les jours d'observations, le ciel en général n'était pas favorable; dans la plus grande partie de l'Empire il était couvert de nuages; néanmoins, de temps à autre, le ciel s'éclaircissait, et l'on a pu observer les Léonides en 34 stations. Voici le nombre total des Léonides qu'on a enregistré :

le	11	novembre	21	Léonides
»	12	»	37	»
»	13	»	187	»
»	14	»	394	»
»	15	»	89	»
»	16	»	17	»

» Le maximum de l'intensité du phénomène a eu lieu le 14 novembre à $14^h,3$ temps moyen de Paris.

» Toutes les observations originales ont été envoyées à M. E. Pickering, qui a annoncé qu'à l'observatoire du Collège Harvard on s'occupe de l'étude de cet essaim météorique. »

ASTRONOMIE. — *Sur le mouvement propre des étoiles voisines du Soleil.* Note de M. **Duponchel**, présentée par M. Poincaré.

« La valeur scientifique de la méthode employée par les astronomes pour se rendre compte du mouvement propre du Soleil m'ayant paru très contestable, j'ai été amené à penser qu'on arriverait à des résultats plus nets, plus concluants, en tout cas d'une manière plus simple, en substituant à la considération du mouvement apparent des étoiles, représenté par les deux composantes de sa vitesse, les signes seuls de ces composantes, qui, en conservant à chaque étoile son individualité distincte, font ressortir le caractère essentiel de son mouvement, sa direction représentée par ces signes des composantes, qui, suivant qu'ils sont positifs ou négatifs, indiquent que l'étoile paraît se mouvoir en sens de rotation direct ou rétrograde, pour les ascensions droites; en branche ascendante ou descendante dans le sens du pôle Nord, pour la déclinaison.

» J'ai, en conséquence, opéré le dépouillement des signes des mouvements de nombreuses séries d'étoiles, tant en Æ qu'en déclinaison, en les groupant par fuseaux horaires, et je suis toujours arrivé à des résultats, de prime abord analogues à ceux qui résulteraient d'une action du Soleil caractérisée :

» En Æ par la prédominance du signe + dans l'hémisphère gauche, du signe — dans l'hémisphère droit, des deux côtés du plan horaire VI à XVIII;

» En déclinaison par la prédominance constante du signe — dans les vingt-quatre fuseaux sans exception; caractères qui sont bien ceux qu'un corps en marche paraît imprimer aux objets immobiles qui l'entourent.

» S'ensuit-il qu'on doive nécessairement considérer ce double résultat comme exclusivement dû à l'action parallactique du Soleil? Ne provient-il pas, en tout ou en partie, du mouvement propre des étoiles elles-mêmes? Telle est la double question à laquelle j'ai à répondre.

» Ce qu'on doit surtout considérer comme certain, avec le mode de notation que j'ai adopté, c'est que l'action parallactique exercée par le Soleil ne peut être mise en évidence, indiquée par un changement de signe, que si la composante en déplacement réel du Soleil est réellement supérieure à celle de la composante réelle de l'étoile dans le même sens.

» Si nous pouvions prendre une série d'étoiles ayant toutes une vitesse supérieure à celle du Soleil dans leurs deux composantes, l'action du So-

leil paraîtrait nulle, puisqu'elle ne pourrait changer aucun signe; elle serait au contraire prédominante sur tous les signes, si les deux composantes du Soleil étaient respectivement supérieures à celle de toutes les étoiles.

» Si nous convenons de représenter par A (pour l'ascension droite) et par B (pour la déclinaison) le rapport $\frac{n}{N}$, en désignant par N le nombre total des étoiles de la série envisagée et par n le nombre des étoiles dont le mouvement propre a un signe conforme à la loi énoncée plus haut, ces deux rapports A et B devront nécessairement varier, si nous les déterminons pour des séries différentes, suivant la vitesse plus ou moins grande des étoiles; mais ce qui est incontestable, c'est que le rapport entre les deux nombres A et B devrait rester sensiblement constant, si l'effet produit était exclusivement dû à l'action uniforme du Soleil.

» Or, il est facile de constater que cette constance n'existe pas.

» Si je prends, en effet, l'ensemble des 2640 étoiles du catalogue Bossert, je trouve pour celles qui ont un signe effectif :

En Æ..............	$N = 3343$	$n = 880$	$A = 0,376$
En déclinaison......	— 2428	— 1250	$B = 0,516$

» Si maintenant je différencie les étoiles en séries extrêmes comprenant, d'une part, celles qui ont la plus grande vitesse apparente $d\alpha > \pm 0^s,025$ en ascension droite, qui ont à la fois la plus grande vitesse réelle et sont le plus rapprochées de nous, je trouve :

En Æ..............	$N = 504$	$n = 358$	$A = 0,718$
En déclinaison.....	— 473	— 126	$B = 0,245$

» Si je prends, comme série extrême opposée, les étoiles pour lesquelles $d\alpha < \pm 0,010$, qui sont les plus éloignées et celles qui ont la moindre vitesse réelle probable, les rapports deviennent

En Æ..............	$N = 814$	$n = 142$	$A = 0,174$
En déclinaison.....	— 772	556	$B = 0,720$

» Ces résultats sont aussi discordants que possible; au lieu de marcher dans le même ordre, les nombres respectifs varient en sens inverse, A décroissant dans le rapport de 4 : 1, B en augmentant dans celui de 1 : 3.

» De tels chiffres ne peuvent se concilier avec l'hypothèse de l'effet exclusif de l'action parallactique du Soleil, s'exerçant dans les deux cas. Cette hypothèse est plus particulièrement inadmissible pour celui des étoiles à grande vitesse, car, si l'on devait attribuer au Soleil l'effet parallactique si énergiquement caractérisé en Æ, il faudrait admettre que la composante au

Soleil dans cette direction correspond à une vitesse du Soleil énorme, supérieure à celle des $\frac{3}{6}$ des étoiles de la série, et l'effet produit devrait à plus forte raison se reproduire dans les étoiles de la deuxième série, à petite vitesse, qui devraient en très grande majorité présenter ce caractère qui ne s'y retrouve, au contraire, que dans la *proportion* infime de $\frac{14}{100}$.

» L'action parallactique du Soleil est donc complètement étrangère au cas des étoiles de la première série; nous ne pouvons la chercher que dans la deuxième, composée des étoiles à faible vitesse, inférieure à celle du Soleil, dont l'action ne serait représentée que par une proportion insignifiante ou nulle en Æ; générale au contraire, presque complète dans le cas de la déclinaison, où l'action inversée du mouvement du Soleil serait représentée par un excédent moyen de 0,72.

» En résumé, et comme résultant des faits ci-dessus, je crois pouvoir formuler comme certaines les conclusions ci-après :

» 1° Le Soleil a bien effectivement un mouvement propre dans le plan de l'heure VI à XVIII où il se trouve au voisinage de son nœud ascendant vers l'heure XVIII; la composante de sa vitesse étant nulle ou très faible dans le sens de Æ, à son maximum dans le sens de la déclinaison.

» 2° Mouvement général caractérisé surtout dans les étoiles lointaines, dont la vitesse, généralement inférieure à celle du Soleil, se trouve masquée par l'action parallactique de ce dernier dans le sens de la déclinaison; avec des caractères distinctifs peu marqués dans le sens de Æ, bien que certains indices me portent à croire que ce mouvement serait de sens rétrograde.

» 3° Enfin, conclusion à la fois la plus rigoureuse et la plus importante :

» Mouvement propre spécial à une certaine catégorie d'étoiles, dont notre Soleil fait partie, caractérisée par des vitesses en général supérieures à celles du Soleil, dont quelques-unes très grandes, présentant, dans le sens de Æ, une apparence de mouvement de sens opposé, des deux côtés de l'orbite du Soleil, analogue dès lors à celle qui pourrait résulter d'une action parallactique de cet astre, mais qui, en réalité, lui est entièrement étranger, mais peut aussi bien s'expliquer en admettant que l'orbite solaire coupe les étoiles de son groupe en deux moitiés symétriques, dont les étoiles, bien qu'ayant, en fait, des mouvements de même nature et de même sens autour d'un axe ou centre commun, paraîtraient tourner en sens différent, les unes à droite, les autres à gauche, ainsi qu'elles le font pour un observateur qui, placé sur notre équateur terrestre, voit tourner les astres situés dans les deux hémisphères que sépare cet équateur. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations aux dérivées partielles.* Note de M. H. **Duport**, présentée par M. Appell.

« Je me propose d'exposer dans cette Note un résumé d'un Mémoire qui paraîtra prochainement dans le *Journal de Mathématiques pures et appliquées*.

» Je considère le système suivant des deux équations de Pfaff :

$$(1) \qquad \Sigma a_i dx_i = 0, \qquad \Sigma b_i dx_i = 0 \qquad (i = 1, 2, \ldots, 6),$$

où les quantités a_i et b_i sont des fonctions quelconques des quantités x_i.

» Ce système est particulièrement intéressant dans le cas où le nombre des variables arbitraires est de deux, car il constitue un système intermédiaire entre les équations du premier et du second ordre, et il paraît bien choisi pour s'occuper de la recherche des cas où l'on peut en trouver les solutions à l'aide d'équations différentielles ordinaires.

» Je pose les équations suivantes :

$$(2) \quad \begin{cases} (\lambda a_{i1} + \mu b_{i1})\Delta_1 + \ldots + (\lambda a_{i6} + \mu b_{i6})\Delta_6 + \alpha a_i + \beta b_i = 0, \\ \qquad -a_1\Delta_1 \qquad\qquad\qquad -a_6\Delta_6 = 0 \\ \qquad -b_1\Delta_1 \qquad\qquad\qquad -b_6\Delta_6 = 0 \end{cases} \qquad (i = 1, 2, \ldots, 6).$$

» Le déterminant de ces huit équations, où $\Delta_1, \ldots, \Delta_6, \alpha, \beta$ sont les inconnues, est un déterminant symétrique gauche d'ordre pair qui est, par suite, carré parfait. En écrivant qu'il est nul, on a une équation du second degré pour déterminer le rapport $\frac{\lambda}{\mu}$.

» Quand cette équation a ses racines égales, on peut obtenir les solutions du système (1) à l'aide d'équations différentielles ordinaires.

» Si l'on remarque que le système (1) est susceptible d'être ramené à une équation du second ordre à une seule fonction inconnue, ce cas est celui où les deux systèmes de caractéristiques sont confondus, et fait espérer que la proposition pourra être vraie dans le cas d'une équation quelconque du second ordre.

» Je considère maintenant le cas où l'équation en $\frac{\lambda}{\mu}$ a ses racines distinctes. L'une quelconque d'entre elles fournit pour $\Delta_1, \ldots, \Delta_6$ des expressions de la forme

$$\Delta_i = A_i + \omega B_i,$$

où ω est une arbitraire.

» Je pose les équations

(3) $$\Sigma A_i \frac{\partial F}{\partial x_i} = 0, \qquad \Sigma B_i \frac{\partial F}{\partial x_i} = 0.$$

» Quand ces équations ont deux solutions communes F_1 et F_2, on sait que l'équation

$$F_2 = f(F_1),$$

où f est une fonction arbitraire de son argument, est une intégrale intermédiaire des équations (1). Mais il y a une proposition plus générale qui est la suivante : lorsque les équations (3) ont une solution commune, on peut exprimer toutes les solutions de (1) au moyen de deux fonctions arbitraires de la même variable.

» Ce résultat paraîtra, je pense, intéressant si l'on considère qu'il renferme, en particulier, l'équation de Laplace dans le cas le plus général. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'existence des dérivées secondes du potentiel.* Note de M. **Henrik Petrini**, présentée par M. E. Picard.

« 1. *Dérivée seconde.* — Soit ρ une fonction finie et intégrable, et posons $V = \int \rho \frac{d\tau}{r}$, où $d\tau$ est l'élément de volume au point (ξ, η, ζ) et r la distance de cet élément au point (x, y, z). Pour étudier les dérivées secondes de V, nous pourrons nous borner à étendre l'intégrale à une sphère (de rayon a), décrite autour du point (x, y, z) comme centre. La dérivée $\frac{\partial^2 V}{\partial x^2}$ est la limite (pour $h = 0$) de la quantité A_h définie par la formule

$$A_h = \frac{1}{h}\left[\frac{\partial V(x+h, y, z)}{\partial h} - \frac{\partial V(x, y, z)}{\partial x}\right].$$

En introduisant les coordonnées polaires r, u, ψ par les formules

$$\xi - x = r\cos\theta, \qquad \eta - y = r\sin\theta\cos\psi, \qquad \zeta - z = r\sin\theta\sin\psi (\cos\theta = u),$$

nous pourrons mettre la fonction A_h sous la forme suivante :

$$A_h = W_h + P_h + \eta_h \qquad \lim_{h=0} \eta_h = 0$$

en posant

$$W_h = -\int_0^{2\pi} d\psi \int_{-1}^{1} (1 - 3u^2)\, du \int_h^a \rho(r, u, \psi) \frac{dr}{r},$$

$$P_h = -\int_0^{2\pi} d\psi \int_{-1}^{1} du \int_0^{1} \rho(ht, u, \psi) \left[\frac{1 - tu}{(1 - 2tu + t^2)^{\frac{3}{2}}} + \frac{u}{t^2} \right] t^2\, dt$$
$$- \int_0^{2\pi} d\psi \int_{-1}^{1} du \int_1^{\infty} \rho(ht, u, \psi) \left[\frac{1 - tu}{(1 - 2tu + u^3)^{\frac{3}{2}}} + \frac{u}{t^2} - \frac{1 - 3u^2}{t^3} \right] t^2\, dt,$$

$$P_x = \lim_{h=0} P_h = -\int_0^{2\pi} d\psi \int_{-1}^{1} \rho_0 \left[5u^2 + 3u - 1 - (1 - 3u^2) \log \frac{1 - u}{2} \right] du,$$

en posant $\rho_0 = \lim_{h=0} \rho(ht, u, \psi)$. Si ρ est continue, ρ_0 sera indépendante de u et ψ, et l'on trouvera $P_x = -\frac{4}{3}\pi\rho_0$. En posant $W_x = \lim_{h=0} W_h$, nous aurons

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} = W_x + P_x$$

et deux équations analogues pour y et z. *La condition nécessaire et suffisante pour l'existence de la dérivée* $\frac{\partial^2 V}{\partial x^2}$, *est donc qu'existe la quantité* W_x, *si seulement on suppose que les fonctions* ρ *et* ρ_0 *soient finies et intégrables.*

» *Remarque.* — La quantité P_x jouit de la propriété que l'intégrale $\int \left(P_x + \frac{4}{3}\pi\rho \right) d\tau$ est égale à zéro pour tout domaine d'intégration.

» 2. *Équation de Poisson modifiée.* — Si les quantités W_x, W_y, W_z existent, elles jouissent de la propriété que leur somme est nulle, d'où résulte la formule

$$\Delta V = P_x + P_y + P_z,$$

qui, pour le cas où ρ est continue, se réduit à l'équation de Poisson $\Delta V = -4\pi\rho$. Cette dernière formule peut être établie, si ρ est continue, sans qu'on suppose l'existence des dérivées secondes, seulement en définissant le symbole Δ de la manière suivante :

$$\Delta V = \lim (A_{h_1} + B_{h_2} + C_{h_3}), \qquad \lim \frac{h_\lambda}{h_\mu} \neq 0,$$

où B_{h_2} t C_{h_3} ont un sens analogue à celui de A_{h_1}.

» 3. *Cas spéciaux.* — Nous citerons ici quelques cas spéciaux qui font conclure à l'existence des dérivées secondes :

» 1° Si $\lim\limits_{h=0}\int_h^a \rho \frac{dr}{r}$ existe, toutes les trois dérivées secondes $\frac{\partial^2 V}{\partial x^2}$, $\frac{\partial^2 V}{\partial y^2}$, $\frac{\partial^2 V}{\partial z^2}$ existent (¹);

» 2° Si ρ est une fonction de x et de ψ et si elle ne contient pas u, la dérivée $\frac{\partial^2 V}{\partial x^2}$ existe;

» 3° Si la dérivée $\frac{\partial \rho}{\partial \xi}$ existe, et si elle est intégrable dans les environs du point (x, y, z), la dérivée $\frac{\partial^2 V}{\partial x^2}$ existe;

» 4° Si deux des dérivées secondes de V existent, la troisième existe aussi.

» *Remarques.* — Des considérations précédentes, il suit que ρ peut être continue, sans que les dérivées secondes de V existent; par exemple, si

$$\rho = \frac{(\xi - x)^2}{r^2 \log \frac{1}{r}}.$$

» En effet, nous trouverons que $\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} = \lim\limits_{h=0} A_h$ devient infinie au point (x, y, z) comme $-\frac{16}{15}\pi \log\log\frac{1}{h}$, quoique ρ soit continue en ce point. Dans ce cas, on a aussi $\Delta V = 0$, quoique $\frac{\partial^2 V}{\partial x^2}$ n'existe pas. »

BALISTIQUE. — *Sur la loi de la résistance de l'air au mouvement des projectiles.* Note de M. **Paul Vieille**, présentée par M. Sarrau.

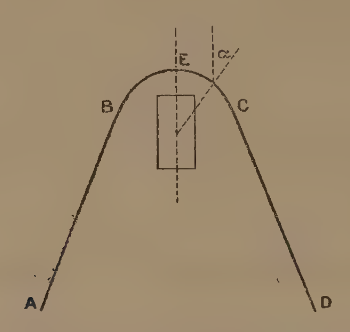
« Les expériences de Mach et de Boys ont montré qu'un projectile, se mouvant dans l'air à grande vitesse, détermine une perturbation brusque du milieu qui accompagne le projectile sous forme d'une ride ABCD formant une surface de révolution autour de son axe et dont la section méri-

---

(¹) Ce cas comprend, comme cas particulier, celui de M. Hölder. Voir Otto Hölder, *Beiträge zur Potentialtheorie*, § 4; Stuttgart, 1882.

dienne se compose de deux droites symétriques AB, CD et d'une courbe de raccordement BEC.

» La vitesse de propagation normale de cette onde est évidemment variable en chaque point et égale à $V\cos\alpha$, en désignant par α l'angle de l'axe et de la normale à la section méridienne au point considéré.



» L'expérience montre que la vitesse des rides rectilignes CD est égale à la vitesse normale du son, et c'est sur cette vérification qu'est fondé un mode élégant de mesure acoustique des vitesses des projectiles. Mais il est évident que, en E où $\cos\alpha = 1$, la vitesse de propagation est égale à la vitesse du projectile. Or, cette vitesse atteint avec les projectiles modernes des valeurs considérables, telles que 800^{m}, 1000^{m} et 1200^{m}.

» Un pareil phénomène ne peut être entretenu que par la formation d'une discontinuité dont la vitesse de propagation soit précisément égale à celle du projectile.

» Il semble que, pour les gros projectiles de rupture de la Marine dont la surface antérieure est sensiblement plane, la surface de l'onde BEC est assez surbaissée pour que le fonctionnement dans la région centrale, en face de la tête du projectile, soit assimilable à la propagation d'une onde plane, le rôle du projectile se réduisant à entretenir une discontinuité constante, malgré les déperditions latérales.

» J'ai cherché à comparer les valeurs des résistances de l'air obtenues expérimentalement pour ces grandes vitesses aux valeurs que la théorie assigne aux discontinuités assurant les mêmes vitesses de propagation.

» Riemann et Hugoniot ont montré que la vitesse V de propagation par onde plane dans un milieu en repos d'une discontinuité caractérisée par une différence finie $P_1 - P_0$ des pressions et $z_1 - z_0$ des dilatations est donnée par l'expression

$$V = \sqrt{-\frac{1}{\rho_0}\frac{P_1 - P_0}{z_1 - z_0}}$$

où ρ_0 désigne la masse de l'unité de volume du milieu en repos et où $z_0 = 0$.

» Cette vitesse dépend de la loi particulière qui lie P et z. On doit évidemment considérer la transformation comme adiabatique; mais Hugoniot a montré que la loi adiabatique *statique* des gaz parfaits, qui reste applicable même dans le cas des mouvements quelconques de la masse gazeuse si les transformations sont continues, cesse d'être vérifiée dans l'hypothèse d'une discontinuité.

» L'expression adiabatique statique

$$P_1 = P_0\left(\frac{1+z_0}{1+z_1}\right)^m$$

est remplacée par la relation

$$P_1 = P_0\frac{2(1+z_0)-(m-1)(z_1-z_0)}{2(1+z_0)+(m+1)(z_1-z_0)}.$$

» En substituant dans la valeur de V on obtient l'expression

$$V = \sqrt{\frac{1}{\rho_0}\frac{P_0}{2}\left[2m+(m+1)\frac{P_1-P_0}{P_0}\right]},$$

qui permet de calculer les variations brusques de pression susceptibles de se propager avec la vitesse V dans le milieu de densité ρ_0 à la pression P_0.

» Le Tableau suivant renferme pour diverses vitesses les valeurs de la résistance que l'air exerce par centimètre carré sur des projectiles à face antérieure sensiblement plane. Ces nombres résultent de la discussion des expériences balistiques les plus récentes (Gibert, 1895). Ils représentent la différence entre la surpression appliquée à la tête du projectile et la dépression appliquée au culot.

Vitesses des projectiles cylindriques.	Résistance en kilogrammes par centimètre carré observée.	Surpression théorique assurant la vitesse de propagation égale à celle du projectile.	Différence.
m	kg	kg	kg
400	1,25	1,58	0,33
600	3,26	3,78	0,52
800	6,23	6,85	0,62
1000	10,15	10,81	0,66
1200	15,01	15,64	0,63

» Si l'on tient compte de la dépression à l'arrière du projectile qui est d'autant plus grande que la vitesse est plus forte, on est conduit à consi-

dérer comme identiques les pressions réellement appliquées à l'avant d'un projectile plan en mouvement, et les valeurs que la théorie assigne à la discontinuité susceptible de se propager avec la même vitesse.

» Il importe de remarquer que cette coïncidence est liée à l'expression de la loi adiabatique dynamique et que la loi statique eût conduit à des valeurs notablement supérieures aux valeurs expérimentales. Ainsi, la vitesse de 1200^{m} exigerait une surpression de $17^{kg},24$, supérieure de $2^{kg},2$ à la résistance observée.

» Il est vraisemblable que la formule s'applique à des vitesses beaucoup plus considérables que la limite qui s'est trouvée fortuitement atteinte dans les vérifications expérimentales d'ordre balistique, et l'on peut lui demander quelques indications sur le fonctionnement de projectiles se mouvant avec des vitesses planétaires de quelques kilomètres à la seconde.

» Le Tableau suivant donne les valeurs des pressions et des températures correspondant à ces vitesses d'après la formule :

Vitesse du projectile.	Pressions.	Températures.
1200^{m}	$15^{kg},64$	680°
2000	43,8	1741
4000	175,6	7751
10000	1098	48490

» Sans attribuer à ces nombres une valeur absolue, on peut penser que l'incandescence des bolides, les érosions de leur surface et les ruptures qui accompagnent leur passage dans notre atmosphère, même en tenant compte de la raréfaction du milieu traversé, sont explicables par les valeurs des pressions et des températures que fait prévoir la loi de propagation des discontinuités. »

OPTIQUE. — *Sur la décomposition d'un mouvement lumineux en éléments simples*. Note de M. **Ch. Fabry**, présentée par M. A. Cornu.

« Un appareil dispersif (prisme, réseau, etc.) décompose tout mouvement lumineux en ses éléments sinusoïdaux. Cette loi, longtemps admise d'une manière plus ou moins implicite, peut être précisée de la manière suivante, comme l'a montré M. Gouy :

» Soit

$$x = F(t) \tag{1}$$

la loi du mouvement considéré. La fonction F peut, sous des conditions de continuité très générales et toujours satisfaites dans le problème qui nous occupe, être représentée par une intégrale de Fourier :

$$(2) \qquad F(t) = \int_0^\infty \varphi(q) \sin 2\pi(qt - \alpha)\, dq;$$

on dira alors que le mouvement représenté par l'équation (1) est la superposition d'une infinité de mouvements pendulaires, le mouvement de *fréquence* q ayant l'amplitude $\varphi(q)$ et la phase α. La répartition de l'énergie dans le spectre sera représentée, en fonction de la fréquence, par

$$W = [\varphi(q)]^2.$$

» Une objection, soulevée il y a quelques années par M. H. Poincaré [1], paraît *a priori* assez embarrassante : L'équation (2) représente la fonction F pour toutes les valeurs de t. Supposons que cette fonction soit nulle pour toute valeur de t supérieure à une certaine valeur t_1 ; pour $t > t_1$ le mouvement lumineux est éteint, et cependant l'équation (2) continue à représenter la fonction F (qui est alors nulle). Faut-il en conclure que le spectroscope continuera à montrer le même spectre, même après qu'on a éteint la source de lumière qui éclairait la fente?

» Si paradoxale que paraisse cette conséquence de la théorie, elle est parfaitement exacte. Un appareil dispersif *prolonge* la durée du mouvement lumineux, et, si cet appareil est suffisamment parfait, la durée de visibilité du spectre sera limitée, non pas par la durée du mouvement vibratoire, mais par la perfection plus ou moins grande du spectroscope. Un appareil dispersif *parfait* (dont le pouvoir de définition serait infini) prolongerait *indéfiniment* le mouvement lumineux. Je vais essayer de préciser ce résultat par un exemple assez simple pour qu'on puisse analyser complètement le mécanisme du phénomène.

» Supposons la fonction F ainsi définie :

$$\begin{aligned} F(t) &= 0 && \text{pour} \quad t < 0, \\ F(t) &= \sin 2\pi t && \text{pour} \quad 0 < t < n, \\ F(t) &= 0 && \text{pour} \quad t > n, \end{aligned}$$

on a un mouvement pendulaire, de période 1, qui dure seulement pendant n périodes; le nombre n sera pris, par exemple, égal à 1000.

---

[1] *Comptes rendus*, t. CXX, p. 757.

» La fonction F ainsi définie peut être représentée par une intégrale de Fourier. n étant assez grand, le calcul montre que l'amplitude $\varphi(q)$ n'a de valeur appréciable que si la fréquence q est voisine de 1 (celle du mouvement considéré), et l'on peut écrire, en négligeant des termes très petits,

$$\varphi(q) = \mathrm{A}\frac{\sin 2\pi(q-1)n}{2\pi(q-1)n}. \tag{3}$$

» Que nous dit le théorème de M. Gouy? Que dans le *spectre* de cette source lumineuse la répartition de l'intensité sera représentée par $[\varphi(q)]^2$, c'est-à-dire que l'on aura une *raie* brillante de fréquence $q = 1$, accompagnée de part et d'autre de satellites plus faibles. Il semble, de plus, que ce spectre doive briller indéfiniment.

» Consultons maintenant l'expérience directe. Faisons tomber normalement ce train d'ondes sur un réseau très puissant, ayant par exemple 100000 traits, et examinons le premier spectre : à l'instant 0, les 100000 traits entrent successivement en vibration, et ils s'arrêtent brusquement au temps $n = 1000$. Mais les mouvements émis par ces fentes ne parviennent pas tous en même temps en un point donné du plan focal de la lunette d'observation : le mouvement envoyé par le premier trait commencera au temps t_0 et durera jusqu'à $t_0 + 1000$; celui du second durera depuis $t_0 + 1$ jusqu'à $t_0 + 1001$, et ainsi de suite. Le mouvement qui constitue le spectre durera non pas 1000 unités de temps, mais environ 100000; il est limité non par la durée du mouvement incident, mais par le nombre de traits du réseau.

» En outre, à chaque instant, pendant ces 100000 unités de temps, il y a seulement 1000 traits du réseau qui concourent à la formation du spectre; quoique ces 1000 traits voyagent sur le réseau, le phénomène sera identique à celui que donnerait un réseau de 1000 traits éclairé pendant 100000 vibrations par un mouvement sinusoïdal. Or, un pareil réseau donnera précisément une répartition de lumière identique à celle que représente l'équation (3). On voit que l'analyse directe de l'expérience conduit aux résultats suivants :

» 1° La répartition de la lumière dans le spectre est bien celle que donne la formule de Fourier;

» 2° La durée de visibilité du spectre est limitée, non par la durée de la vibration incidente, mais par le nombre de traits du réseau. Si cet appareil était *parfait* (condition nécessaire pour que le théorème de M. Gouy

s'applique en toute rigueur), il faudrait qu'il eût une infinité de traits, et le spectre serait visible indéfiniment. En supposant une amplitude finie au mouvement incident, il en résulterait une quantité totale d'énergie rayonnée infiniment grande; cela n'est pas surprenant, si l'on remarque que l'onde incidente devrait être infiniment étendue.

» Des considérations analogues seraient applicables à tous les autres appareils dispersifs déjà connus (prismes, appareils interférentiels), et sans doute aussi à tous ceux que l'on pourrait imaginer dans le même but. »

OPTIQUE. — *Sur la constitution de la lumière blanche.* Note de M. **Gouy.**

« Dans deux Notes récentes [1], M. E. Carvallo a discuté la théorie de la lumière blanche, et exposé ses objections à l'hypothèse qui envisage cette lumière comme formée d'oscillations amorties. De la valeur de cette hypothèse, je n'ai rien à dire, mais la question soulevée a une portée plus générale.

» On me permettra de rappeler que les physiciens s'accordaient depuis longtemps à regarder la lumière blanche comme formée par des séries régulières de vibrations simples, lorsqu'en 1886 j'eus l'occasion, en discutant cette question avec quelques autres [2], de montrer que la régularité de la lumière blanche n'est ni nécessaire, ni probable, et que la nature des mouvements qui la forment reste indéterminée. Ces idées, malgré des adhésions de haute valeur [3], n'ont été admises qu'avec quelque hésitation; on doit l'attribuer en partie, semble-t-il, à ce que les auteurs qui qui s'en sont occupés depuis lors ont souvent laissé dans l'ombre le point essentiel de la théorie.

» Le mouvement lumineux étant donné et exprimé au moyen de la formule de Fourier par la superposition de mouvements simples, chacun d'eux se comporte, dans un appareil optique quelconque, comme s'il existait seul. Par suite, la vitesse vibratoire en un point quelconque est la ré-

---

(1) *Comptes rendus,* 8 et 15 janvier 1900.

(2) *Sur le mouvement lumineux* (*Journal de Physique,* 1886).

(3) Je citerai seulement les Mémoires de Lord Rayleigh (*Philosophical Magazine,* t. XXVII, p. 463; 1889), et de M. A. Schuster (*ibid.*, t. XXXVII, p. 509; 1894). Dans le premier de ces Mémoires se trouve exposée pour la première fois la théorie de la lumière blanche comme formée d'oscillations amorties.

sultante des vitesses vibratoires apportées en ce point par chacun des mouvements simples pris séparément; mais il en est autrement pour l'énergie. On ne peut donc pas traiter ces mouvements simples de diverses périodes comme de vrais rayons lumineux n'interférant pas entre eux, pas même dans le cas de l'analyse spectrale, car celle-ci n'est jamais assez parfaite pour séparer les mouvements simples de périodes très voisines. Pour le montrer, il suffit de rappeler qu'une lumière qui s'éteint continue à être indéfiniment représentée par des mouvements simples d'amplitude constante, qui se compensent les uns et les autres pour donner l'obscurité.

» On doit donc regarder, en général, ces mouvements simples comme un pur artifice de calcul. Mais on peut calculer ainsi l'énergie cinétique moyenne, en un point quelconque, entre deux limites de temps données. Cette énergie moyenne, qui est proportionnelle à l'intensité lumineuse effective dans le cas d'une *lumière constante*, est exactement la somme des énergies que donnerait chaque mouvement simple pris séparément ([1]).

» Dans ce cas, et grâce à cette relation, les mouvements simples de diverses périodes prennent une sorte de personnalité physique; on peut les traiter comme de vrais rayons, indépendants les uns des autres et n'interférant pas, et calculer ainsi l'intensité lumineuse en un point quelconque d'un appareil optique ([2]). C'est donc la base indispensable des applications des formules de Fourier aux divers problèmes relatifs à la nature et à l'émission du mouvement lumineux.

» J'arrive à la question soulevée par M. E. Carvallo. On a quelquefois considéré la lumière blanche comme formée par des oscillations amorties, où le vitesse vibratoire serait proportionnelle à

$$e^{-kt}\sin ht, \tag{1}$$

à partir d'une certaine valeur de t, début de l'oscillation. M. E. Carvallo établit par le calcul que, si le mouvement incident est proportionnel à l'expression (1), il en est de même, à la phase près, pour le mouvement diffracté par un réseau dans une direction quelconque. Ainsi, dans toutes les directions, le réseau enverrait une oscillation amortie semblable à celle

---

([1]) Gouy, *loc. cit.*, n° 3.

([2]) Ces mouvements simples ne dépendant pas de l'appareil optique considéré, il en résulte que les résultats fournis par l'analyse spectrale dépendent de la source lumineuse et non du spectroscope (*loc. cit.*, n° 4). C'est là une objection de M. E. Carvallo, à laquelle j'ai répondu longtemps d'avance.

du mouvement incident. Si celui-ci était de la lumière blanche, on aurait donc encore de la lumière blanche dans toutes les directions, au lieu des rayons colorés que l'on constate en effet.

» L'expérience serait donc capable de nous apprendre que la lumière blanche n'est pas formée de pareilles oscillations; or cela est en contradiction à la fois avec les idées générales exposées plus haut, et avec le théorème que je viens de rappeler.

» Plaçons en effet, dans le plan focal de la lunette d'observation du spectroscope, une fente F suivie d'un appareil interférentiel. Le théorème nous apprend que les franges produites auront exactement les mêmes positions que si la lumière blanche était formée de mouvements simples; dès lors, la période vibratoire existant sur la fente F, période qu'on peut mesurer d'après les dimensions des franges, sera celle qui est prévue par les lois ordinaires des réseaux.

» Cette contradiction s'explique ainsi : l'intéressant calcul de M. E. Carvallo s'applique à l'expression (1) prise dans toute son extension analytique, de $-\infty$ à $+\infty$. Un pareil mouvement n'est pas assurément de la lumière constante, ni rien de physiquement possible, puisque, en remontant dans le passé, on y trouve des amplitudes de plus en plus grandes, et cela sans limite.

» L'oscillation amortie que l'on considère quelquefois comme formant la lumière blanche prend, au contraire, naissance à un instant donné, avec une amplitude déterminée; comme elle est très fortement amortie, elle ne fournit qu'un très petit nombre n de vibrations avant de devenir négligeable. Il est facile de voir qu'une oscillation de ce genre (considérée seule) se comporte tout autrement.

» Supposons le train de n ondes arrivant sur le réseau; en un point P du plan focal de la lunette d'observation, on a une vitesse vibratoire nulle jusqu'au moment où arrive le mouvement venu du premier élément du réseau, auquel viennent s'adjoindre bientôt les éléments suivants. A un instant consécutif quelconque, le point P ne reçoit pas des mouvements venus de tous les éléments du réseau, mais seulement d'un petit nombre (de l'ordre de n) d'éléments contigus; cette *portion efficace* se transporte d'un bout à l'autre du réseau, sans changer de largeur. Le nombre des éléments du réseau étant très grand vis-à-vis de n, cette phase du phénomène en comprend presque la durée totale; après cela, il y a disparition prompte comme le début.

» L'amplitude au point P, partant de zéro, croît rapidement, demeure

constante un certain temps, enfin s'annule rapidement. Quant à la période vibratoire au point P, on voit sans difficulté que, sauf au début et à la fin, elle est bien celle qu'on calcule par les lois ordinaires des réseaux.

» Tout cela est fort différent des résultats obtenus par M. E. Carvallo dans un cas purement fictif, et ne s'oppose plus à ce qu'on adopte l'hypothèse des oscillations amorties, si on la juge acceptable d'autre part. »

ÉLECTRICITÉ. — *Lumière polarisée émise par un tube de Geissler soumis à l'action d'un champ magnétique* ([1]). Note de M. **R. Dongier**, présentée par M. Lippmann.

« I. Je me suis proposé de rechercher les modifications que subit la radiation rouge, émise par un tube de Geissler à hydrogène soumis à l'action d'un champ magnétique normal à la direction de son axe.

» Je n'ai pas encore abordé l'étude spectroscopique; j'ai seulement vérifié, avec un spectroscope ordinaire, que le champ magnétique affaiblit l'intensité de cette radiation. J'ai constaté, avec le polariscope de Savart, qu'il existe une émission partiellement polarisée, grâce à l'artifice consistant à regarder le tube à travers une lentille convergente; l'œil, placé au foyer conjugué du tube, voit apparaître les franges dans le plan de la lentille. Les radiations verte et violette sont éteintes par l'interposition d'une lame de verre rouge entre l'œil et le polariscope.

» II. La lumière émise dans les différentes directions d'un plan normal à l'axe du tube présente des particularités dignes d'être signalées. On observe la *plus grande proportion de lumière polarisée* dans la direction A normale aux lignes de force et telle que l'observateur regardant le tube peut amener, par une rotation de 90° dans le sens des aiguilles d'une montre, le vecteur qui représente le champ magnétique en coïncidence avec le sens de la décharge dans le tube de Geissler ([2]). Les franges de Savart *disparaissent* dans la direction opposée B. Le phénomène est particulièrement saisissant si l'on dispose de commutateurs pour l'électro-aimant et pour la bobine; un changement de sens dans l'électro-aimant ou dans la décharge fait apparaître ou disparaître les franges.

([1]) Travail fait au laboratoire de M. Bouty, à la Sorbonne.

([2]) Le sens du champ magnétique va du pôle N au pôle S de l'électro-aimant; le sens de la décharge va de l'anode à la cathode du tube de Geissler.

» Les franges présentent la plus grande netteté lorsque la section principale de l'analyseur, à laquelle les franges sont parallèles, est elle-même parallèle à l'axe du tube ou au champ magnétique.

» La proportion de lumière polarisée varie d'une manière continue avec l'angle α de la direction A et de la direction suivant laquelle on observe. Par le jeu convenable des commutateurs, on peut saisir, pour une même position du polariscope, le phénomène correspondant aux angles α et $\pi - \alpha$. Si l'angle α est différent de 0° ou de 90°, une modification dans le sens du champ ou de la décharge, quoique établissant des différences dans la netteté des franges, n'amène plus leur disparition. Si l'observation a lieu dans la direction du champ magnétique ($\alpha = 90°$) la quantité de lumière polarisée est indépendante du sens de la décharge et de la direction du champ.

» On accroît la netteté des franges, en augmentant l'intensité du champ magnétique. Dans la direction A et dans la position la plus favorable du polariscope (franges parallèles ou perpendiculaires au champ), je n'ai constaté la disparition des franges que pour des champs inférieurs à 650 unités C.G.S.

» III. J'ai soumis à l'expérience des tubes de différentes natures. Quoique les radiations émises fussent mêlées j'ai observé, en interposant des verres de couleurs variées, l'apparition de franges avec le chlore, l'azote, l'acide carbonique, l'oxyde de carbone, l'argon. Le champ était de 4000 unités C.G.S.; les apparences étaient beaucoup moins franches qu'avec l'hydrogène. Je signale, en particulier, l'argon dont le spectre d'émission subit de curieuses modifications sous l'influence du champ magnétique; le chlore, le fluorure de silicium et d'autres gaz présentent des phénomènes de même nature observés par Chautard en 1875. »

PHYSIQUE. — *Période d'établissement de l'étincelle électrique. Sa durée totale* ([1]). Note de MM. **H. Abraham** et **J. Lemoine**, présentée par M. J. Violle.

« 1. Dans une précédente Communication ([2]), nous avons appliqué au phénomène de Kerr une *nouvelle méthode de mesure des durées infinitésimales : On mesure les espaces parcourus par la lumière pendant ces mêmes durées.*

([1]) Travail fait au laboratoire de Physique de l'École Normale supérieure.

([2]) *Comptes rendus*, 24 juillet 1899.

Cette méthode nous a permis d'établir que le phénomène de Kerr obéit instantanément au champ électrique ou du moins qu'il ne présente pas un retard de un quatre-cent-millionième de seconde ([1]).

» L'objet de la présente Note est de montrer que l'on peut, de même, étudier la période d'établissement de l'étincelle électrique et évaluer sa durée totale.

» 2. Rappelons d'abord le dispositif expérimental qui nous avait servi.

» Un condensateur de Kerr, au sulfure de carbone, se décharge dans une étincelle qui sert de source lumineuse. Un système optique convenable fait parcourir à la lumière un chemin variable à volonté avant de la ramener au condensateur de Kerr. On pourra donc mesurer ainsi, à des époques successives, la différence de phase moyenne due au phénomène de Kerr pendant la durée du passage du flux lumineux dans le condensateur. Les chemins parcourus par la lumière dans ces expériences étant de l'ordre du mètre, les temps sont de l'ordre du $\frac{1}{300}$ de μs.

» Examinons maintenant avec soin comment il convient d'interpréter la mesure photométrique qui nous donne la valeur de la biréfringence.

» La cuve qui contient le condensateur est placée entre un nicol polariseur N_1 et un biréfringent B, dont les sections principales sont à 45° du champ électrique. Quand la biréfringence se produit, on obtient deux images; on les regarde à travers un nicol analyseur N_2 qui permet de les amener à l'égalité. Cette égalité s'obtient pour deux positions du nicol qui forment entre elles un angle 2α. La valeur de α est fonction du retard δ créé par le champ électrique. Un calcul élémentaire montre que les vibrations émergentes provenant d'une vibration incidente d'amplitude a ont pour intensités

$$2a^2\cos^2\alpha\sin^2\frac{\delta}{2} \quad \text{et} \quad 2a^2\sin^2\alpha\cos^2\frac{\delta}{2}.$$

» Si l'on admet que l'œil intègre les énergies lumineuses qu'il reçoit, il faudra, pour les deux images, effectuer l'intégration entre l'époque T, où la lumière commence à entrer dans le condensateur, et l'époque $T+\theta$, où le flux lumineux cesse de passer. La condition d'égalité des images est alors

$$\sin^2\alpha = \frac{\int_T^{T+\theta} a^2\sin^2\frac{\delta}{2}\,dt}{\int_T^{T+\theta} a^2\,dt}.$$

» 3. Ceci posé, nous observons d'abord que l'angle α est fini. On a trouvé, par exemple, 17°,3 pour la valeur de 2α correspondant au retard minimum.

» Dans le cas actuel, le premier membre de l'égalité précédente est très

([1]) Nous représenterons le *millionième de seconde* par le symbole μs.

voisin de $\frac{1}{40}$. Au second membre, le dénominateur représente la quantité *totale* Q de lumière que l'étincelle envoie au condensateur. Au numérateur, les éléments de l'intégrale s'annulent avec δ, ils disparaissent donc dès que le phénomène de Kerr est éteint. En remplaçant, dans ceux qui subsistent, $\sin^2 \frac{\delta}{2}$ par l'unité, on obtiendra, pour le numérateur, comme valeur par excès, *probablement plus de dix fois trop grande*, la quantité q de lumière qui passe dans le condensateur pendant tout le temps où il est encore chargé. On peut donc écrire

$$\frac{1}{40} < \frac{q}{Q} \quad \text{ou} \quad Q < 40q.$$

» Autrement dit, la quantité totale de lumière émise par l'étincelle est de beaucoup inférieure à quarante fois celle qu'elle envoie pendant le temps que le phénomène de Kerr met à s'éteindre, et nous savons que ce temps ne dépasse pas $\frac{1}{100}$ de μs. S'il était permis d'admettre pour l'étincelle une intensité uniforme pendant toute sa durée, on en conclurait que cette durée est de beaucoup inférieure à 0,4 μs.

» 4. On peut encore tirer des nombres précédents une autre conclusion relativement à l'établissement brusque de l'étincelle et montrer que celle-ci prend un éclat considérable, voisin de son éclat maximum, en $\frac{1}{400}$ de μs.

» Supposons en effet que l'accroissement d'éclat de l'étincelle en $\frac{1}{400}$ de μs soit très faible. L'expérience à la distance la plus courte ayant donné 17°,3, retardons l'étincelle d'une durée corrrespondant à un chemin de 0^m, 80. Il n'y aura rien de changé puisque nous supposons pour le moment qu'en $\frac{1}{400}$ de μs l'étincelle ne change pas.

» On devrait donc trouver encore 17°,3 : l'expérience donne 8°, 7.

» Nous devons donc admettre qu'en $\frac{1}{400}$ de μs l'éclat de l'étincelle a notablement varié.

» Pour mieux préciser la signification de cette mesure, traçons une courbe C_1 figurant les variations du phénomène de Kerr et une autre courbe C_2 représentant l'intensité lumineuse de l'étincelle en fonction du temps (*fig.* 1).

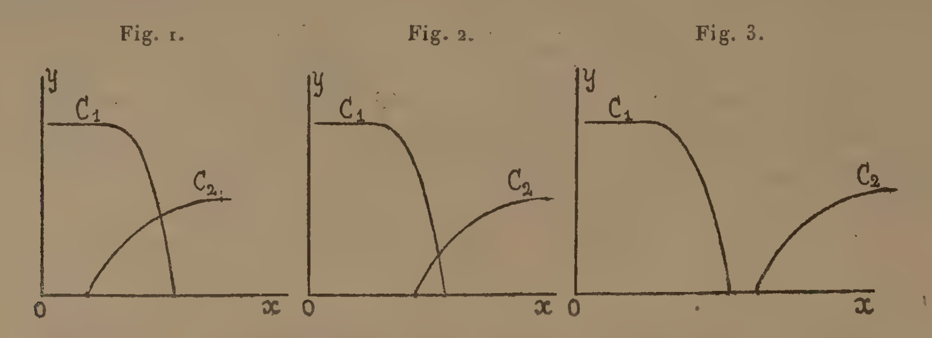
» Dans l'expérience faite à faible distance le phénomène est nettement visible parce que la courbe C_2 empiète sur la courbe C_1 : la lecture du nicol donne 17°, 3. Quand on retarde l'arrivée de la lumière de l'étincelle, le résultat est le même que si, laissant la courbe C_1 fixe, on faisait glisser vers la droite la courbe C_2.

» Il arrive bientôt (*fig.* 2) que les deux courbes, au lieu d'empiéter largement l'une sur l'autre, n'ont plus en commun qu'une portion de la partie montante de C_2 et de la

partie descendante de C_1. La mesure photométrique n'est donc plus faite qu'avec le *front* du flux lumineux projeté par l'étincelle : on lit 8°,7.

» Plus tard enfin la courbe C_2 est entièrement sortie de C_1 et le phénomène n'est plus visible (*fig.* 3).

Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.



» On déduit de cette analyse que ce temps de $\frac{1}{100}$ de μs qui, déjà, limitait la durée d'extinction complète du phénomène de Kerr est en réalité la somme de trois termes :

» 1° La durée *d'établissement* de l'intensité lumineuse de l'étincelle;

» 2° La durée *de la disparition* du champ électrique dans le condensateur de Kerr, autrement dit la durée de la décharge;

» 3° Le *retard* possible du phénomène de Kerr sur le champ électrique; c'cst-à-dire le temps pendant lequel le sulfure de carbone conserve sa biréfringence après que le champ électrique a disparu.

» Nous en concluons que *chacun de ces phénomènes, pris isolément, n'a pas une durée atteignant le cent-millionième de seconde.* »

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur l'entraînement du chlorure d'argent par le chloroamidure mercureux.* Note de M. F. **Leteur**, présentée par M. Troost.

« Pour mettre en évidence l'argent en présence du mercure au minimum, les différents traités d'analyse qualitative indiquent de reprendre par l'ammoniaque aqueuse le mélange des deux chlorures. Dans ces conditions, le chlorure mercureux se transformerait en chloroamidure mercureux $AzHg^2H^2.Cl$ et le chlorure d'argent se dissout. Ce procédé très simple réussit quand ce dernier corps existe en quantité notable dans le mélange, mais il est parfois insuffisant dans le cas contraire, le composé mercureux complexe retenant toujours du chlorure d'argent.

» Il m'a paru intéressant de rechercher l'importance de cet entraînement et j'ai, dans ce but, effectué les essais suivants :

» Des poids égaux de précipité contenant dans un rapport connu le mélange des deux chlorures ont subi successivement une, deux ou trois digestions avec de l'ammoniaque aqueuse de densité 0,96. Chacune d'elles a duré dix minutes pendant lesquelles on agitait fréquemment. La quantité de chlorure d'argent résiduel était ensuite déterminée dans chaque essai après trois attaques à l'eau régale.

» La quantité de chlorures employée dans chaque série d'opérations résultait de la précipitation d'un mélange de volumes déterminés de deux solutions exactement titrées, l'une d'azotate mercureux, l'autre d'azotate d'argent, susceptibles de fournir, la première $0^{gr},0478$ de Hg^2Cl^2, la seconde $0^{gr},0483$ de AgCl par centimètre cube.

» Dans chaque essai, le poids total des chlorures était voisin de 1^{gr} et le volume d'ammoniaque employée à chaque lavage était de 30^{cc}.

» Les résultats obtenus sont consignés dans le Tableau suivant :

Poids total des chlorures.	AgCl introduit.	AgCl résiduel après		
		un lavage.	deux lavages.	trois lavages.
0,959	0,290	0,224	0,213	0,204
0,958	0,193	0,187	0,185	0,180
0,957	0,096	0,093	0,089	0,093
0,956	0,048	0,044	0,044	0,040

» A l'inspection de ces nombres on voit : 1° qu'après trois digestions avec l'ammoniaque aqueuse il reste toujours une quantité notable de chlorure d'argent non dissous; 2° qu'à partir de la seconde série d'essais la presque totalité du chlorure reste dans le résidu final, chaque nouveau traitement n'en entraînant que des quantités insignifiantes. Celles-ci, d'ailleurs, ne sauraient que difficilement être mises en évidence dans la solution filtrée par suite de la présence du sel ammoniacal provenant de la saturation par un acide.

» Pour m'assurer qu'une solution ammoniacale plus faible n'avait pas un pouvoir dissolvant supérieur sur le chlorure d'argent, j'ai effectué de nouveau les essais consignés dans la troisième colonne, en me servant cette fois d'ammoniaque de densité 0,96 étendue de son volume d'eau. J'ai obtenu ainsi 0,212 ; 0,188 ; 0,093 pour les trois premiers essais au lieu de 0,204 ; 0,180 ; 0,093 ; on voit que cette dilution n'a pas d'influence sensible sur le résultat.

» Le rapport du poids de chlorure d'argent résiduel après trois lavages au poids total des chlorures, dans la première série d'essais, est de $\frac{0,204}{0,959} = 0,213$, c'est-à-dire

d'environ $\frac{1}{5}$; il en résulte qu'une quantité d'argent en proportion moindre pourrait passer inaperçue [1].

» Nous proposons donc le mode opératoire suivant :

» Le résidu du traitement des deux chlorures par l'ammoniaque aqueuse sera mis à digérer à chaud avec de l'acide azotique concentré, additionné d'une quantité d'acide chlorhydrique suffisante pour transformer le chlorure de mercuroso-ammonium en chlorure mercurique. Dans le cas de la présence de l'argent, il restera un résidu blanc, ne noircissant pas par l'ammoniaque aqueuse et totalement soluble dans ce réactif. Si le résidu ne présentait pas ces caractères, on opérerait un nouveau traitement. »

CHIMIE. — *Action du cuivre sur l'acétylène : formation d'un hydrocarbure très condensé, le cuprène.* Note de MM. **Paul Sabatier** et **J.-B. Senderens.**

« Dans une précédente Communication (*Comptes rendus*, 8 mai 1899), nous avons indiqué qu'un mélange d'acétylène et d'hydrogène en excès, mis à froid en présence de nickel récemment réduit, se combine immédiatement, en donnant naissance surtout à des carbures forméniques gazeux, accompagnés de liquides condensables semblables au pétrole naturel. Le fer, le cobalt, le cuivre réduits permettent d'arriver à des réactions analogues, sur lesquelles nous aurons l'honneur de revenir prochainement. L'allure du phénomène dans le cas du cuivre nous a conduits à penser que ce métal pourrait sans doute exercer une action spéciale sur l'acétylène seul.

» De l'acétylène pur et sec, préparé par l'action de l'acide chlorhydrique sur l'acétylure cuivreux, est dirigé sur du cuivre, réduit de son oxyde soit par l'oxygène, soit *par l'oxyde de carbone.*

» Quand le métal a été obtenu au rouge sombre, à partir d'un oxyde de grillage, il ne se produit à froid aucune réaction appréciable. Mais, si l'on élève la température vers 180°, le cuivre brunit et la pression diminue très vite par suite d'une conden-

---

[1] On peut remarquer que 0,213 est très voisin de 0,233 qui correspondrait à la décomposition du corps $Az(Hg^2)''AgH.Cl$ signalé par Chapman Jones (*Ch. Soc. Ind.*, 12e série, p. 983) dans le résidu de l'action de l'ammoniaque aqueuse sur le composé $Hg^2Cl^2, 2AgCl$.

sation rapide de l'acétylène. Dans certaines expériences, le courant de gaz, dont la vitesse dépassait 20^{cc} par minute, s'est trouvé ainsi interrompu pendant plus de vingt minutes; après quoi, le dégagement gazeux se rétablit très lent. Tout d'abord, il se dépose, dans les parties froides du tube, des liquides incolores formés surtout de carbures éthyléniques : la structure du cuivre, d'après l'examen microscopique, n'est pas encore changée.

» Mais au fur et à mesure que le courant gazeux se rétablit, toujours très ralenti par la réaction, le cuivre gonfle rapidement en prenant *une teinte moins foncée*, et bientôt il ne tarde pas à remplir le tube en obturant complètement le passage du gaz. Les carbures liquides condensés ont alors une coloration verdâtre et paraissent constitués par un mélange de carbures éthyléniques et aromatiques : ils donnent, avec l'acide sulfurique concentré, une coloration rouge très intense et se solidifient peu à peu au contact de l'air et de la lumière comme le styrolène. Quant aux gaz peu abondants qui sortent du tube, ils contiennent, à côté d'une certaine proportion d'acétylène qui a échappé à la transformation, surtout des *carbures éthyléniques*. Voici l'analyse d'un de ces gaz [1] :

Acétylène	6,0
Éthylène	45,2
Propylène et butylène	16,5
Éthane	12,1
Hydrogène	20,2
	100,0

La même réaction peut être réalisée avec du *cuivre compact, en lames ou en fils*. Il suffit de chauffer dans un courant d'acétylène vers 200°-250° un fil de cuivre bien décapé : il se recouvre rapidement d'une couche d'abord brune, puis jaune à mesure que son épaisseur s'accroît. C'est une expérience facile à montrer dans un cours.

» Si l'on dispose dans un tube une traînée légère de la substance brune obtenue plus haut, et si on la chauffe vers 180°-250° dans un courant d'acétylène, le foisonnement se produit de nouveau, la matière gonfle et remplit de même tout le tube.

» On peut recommencer l'expérience avec cette nouvelle substance : après trois ou quatre foisonnements successifs ainsi opérés dans l'acétylène vers 200°, on arrive à une matière qui ne se modifie plus quand on la chauffe dans ce gaz.

» Le produit ainsi préparé est un solide jaune plus ou moins foncé, qui, au microscope, apparaît constitué par un assemblage de filaments très fins entortillés : il est léger et mou; il peut, par une légère compression, de-

---

[1] Les analyses ont été faites selon les méthodes indiquées par M. Berthelot. Il est extrêmement important de n'absorber l'acétylène que par de très petits volumes successifs du réactif cuivreux : car il peut absorber beaucoup de carbures éthyléniques.

venir cohérent à la manière de l'amadou, dont il a l'aspect. Il brûle avec une flamme courte et fuligineuse, en répandant une odeur aromatique et laissant un faible résidu noir d'oxyde cuivrique.

» Ce corps est un carbure d'hydrogène dans la masse duquel se trouvent diffusées les petites quantités de cuivre qui ont contribué à sa formation, et dont la proportion limite est comprise entre 1,7 et 3 pour 100. Sa composition est définie : car elle est toujours identique, et n'est pas modifiée par une nouvelle chauffe dans l'acétylène.

» D'après plusieurs analyses, le rapport entre les poids du carbone et de l'hydrogène est voisin de 14, ce qui conduirait à la formule brute C^7H^6.

» A cause de son origine, nous proposons de donner le nom de *cuprène* à ce carbure, qui est un peu plus pauvre en hydrogène que l'acétylène. Sa molécule est visiblement très condensée; car il ne possède aucune volatilité appréciable. Soumis à l'action de la chaleur, il se décompose au-dessus de 400° en dégageant des produits pyrogénés complexes, et laissant un résidu solide charbonneux. Nous avons vainement cherché un liquide capable de le dissoudre en proportion notable. L'acide sulfurique ne se colore pas à son contact même assez prolongé. L'acide nitrique paraît l'attaquer lentement en donnant des produits nitrés.

» Au début de la réaction de l'acétylène sur le cuivre, celui-ci brunit beaucoup, et dans les produits hydrocarbonés qui à ce moment s'y trouvent condensés, la richesse en carbone est plus grande que dans le cuprène. Nous nous proposons de poursuivre dans ses détails l'étude des composés qui prennent ainsi naissance, et aussi des conditions précises de la réaction.

» Nous aurions différé la publication de ces résultats encore incomplets, si, dans une Note publiée en août 1899 (*Berichte der deutsch. chem. Gesell.*, t. XXXII, p. 2381) et dont nous n'avons eu connaissance que ces jours-ci (*Bull. Soc. chim.*, 20 janvier 1900), H. Alexander n'avait annoncé certains résultats analogues. Ce chimiste fait connaître que, par l'action de l'acétylène sur le cuivre *réduit*, il a obtenu un corps jaune, qu'il semble considérer comme un simple polymère de l'acétylène, les gaz non absorbés ne contenant, d'après lui, que de l'acétylène *sans aucun mélange d'autres carbures d'hydrogène*. Nous avons dit plus haut que cette assertion est inexacte : les gaz dégagés sont surtout éthyléniques, et il en résulte que le cuprène est nécessairement plus pauvre en hydrogène que l'acétylène.

» Quant à notre priorité, elle ne saurait être contestée : l'un de nous a fait à la Société chimique de Paris, dans sa séance du 12 mai 1899, une première Communication sur le cuprène, dont il a présenté plusieurs échantillons (1). »

---

(1) *Bull. de la Soc. chimique*, t. XXI, p. 530 ; 1899.

CHIMIE. — *Acidimétrie des acides polybasiques organiques.* Note de M. A. Astruc [1].

« La série d'expériences que je vais rapporter constitue la suite naturelle des deux Communications que j'ai eu l'honneur de présenter à l'Académie, soit seul [2], soit en collaboration avec M. Henri Imbert [3].

» Les acides bibasiques et tribasiques à fonction simple, à chaîne normale ou à chaînes latérales, ou à fonction mixte (hydrocarbure éthylénique, hydrocarbure acétylénique) alcool ou halogénée, accusent tous à la phtaléine du phénol, au bleu Poirrier, à la teinture de tournesol, à l'acide rosolique, une acidité correspondant au nombre de carboxyles contenus dans la molécule.

» A l'hélianthine A, l'acidité est généralement plus faible, mais la quantité de potasse nécessaire pour opérer en présence de ces acides le virage du réactif, qui est malheureusement toujours un peu incertain, permet quelques observations assez curieuses, et d'accord avec les données thermochimiques.

» *Acides bibasiques à fonction simple.* — Les acides oxalique, malonique et succinique (trois homologues supérieurs) présentent une acidité de plus en plus faible depuis le premier terme jusqu'au dernier, et l'acide sébacique $C^8H^{16}(COOH)^2$ est lui-même neutre.

» Ces résultats sont conformes à ceux qui ont été indiqués par M. Massol [4] : « Les » chaleurs de formation des sels de cette série diminuent à mesure que le poids molé» culaire augmente ».

» D'autre part, l'acide malonique exige sensiblement, pour sa neutralisation à l'hélianthine, une molécule de base pour une molécule d'acide. L'acide isosuccinique (isomère de l'acide succinique) est dans le même cas, alors que pour l'acide succinique la quantité d'alcali indiquée par l'expérience est beaucoup plus faible. Or, « les chaleurs » de formation des sels des acides méthylmalonique et méthylsuccinique sont supé-

---

(1) Travail effectué au laboratoire de recherches de l'École de Pharmacie de Montpellier, dirigé par M. Henri Imbert.

(2) A. Astruc, *Alcalimétrie des amines* (*Comptes rendus*, 11 décembre 1899).

(3) Henri Imbert et A. Astruc, *De l'acidimétrie* (*Comptes rendus*, 2 janvier 1900).

(4) G. Massol, *Étude thermique des acides organiques et plus particulièrement des acides de la série oxalique, etc.*, p. 19. Thèse de Doctorat ès Sciences. Paris, Gauthier-Villars; 1893.

rieures à celles des sels des acides isomères normaux, et sensiblement égales à celles de l'acide normal qui renferme un atome de carbone en moins [1] ».

» Pour les acides phtaliques, on observe une décroissance de l'hélianthine analogue à celle qui a été signalée pour les acides oxybenzoïques : l'acidité diminue de l'acide ortho au méta et au para, résultat encore conforme aux données de M. Massol.

» *Acides des hydrocarbures non saturés.* — Les acides maléique, fumarique et acétylène-dicarbonique, qui contiennent le même nombre d'atomes de carbone que l'acide succinique, mais une molécule d'hydrogène en moins pour les deux premiers et deux molécules pour le dernier, offrent une acidité plus grande. En présence des acides maléique et fumarique, l'hélianthine vire sensiblement à une molécule de potasse, et l'acide acétylène-dicarbonique en exige une plus forte proportion. Des réactions analogues sont présentées par les acides itaconique, mésaconique et citraconique. Leur acidité à l'hélianthine, voisine de celle des acides monobasiques, est, par suite, supérieure à celle des acides bibasiques à même nombre d'atomes de carbone.

» *Acides bibasiques à fonction alcool.* — L'acide tartronique demande plus d'une molécule de base et a donc une acidité plus forte que l'acide malonique. L'acide malique se conduit comme acide monobasique; son acidité est supérieure à celle de l'acide succinique, mais inférieure toutefois à celle de l'acide tartronique. L'acide tartrique aussi a une acidité notablement supérieure à celle des acides succinique et malique. Tous ces résultats sont encore d'accord avec ceux que la Thermochimie a fournis à M. Massol. « La chaleur de formation des sels des acides alcools est supé-
» rieure, en effet, à celle des acides correspondants à fonction simple [2], et elle aug-
» mente avec le nombre d'oxhydriles alcooliques. »

» Si l'on se rappelle l'observation faite par M. Massol, que les chaleurs de formation des sels de ces acides indiquent une augmentation de l'affinité pour les bases, alors que les chaleurs de neutralisation déterminées par MM. Gal et Werner semblent conduire à un résultat opposé, on doit en conclure que l'acidité à l'hélianthine est fonction de la chaleur de formation et non de la chaleur de neutralisation.

» Les acides tricarballylique et citrique (tribasiques) offrent entre eux des relations du même ordre.

» Antérieurement, j'ai indiqué, en collaboration avec M. Imbert, que la présence de l'halogène en position ortho dans la molécule de l'acide benzoïque augmentait fortement l'acidité de ce dernier à l'hélianthine. Un phénomène semblable se produit avec l'acide trichloroacétique, qui est nettement monobasique.

» De même l'acide dibromosuccinique est bibasique à l'hélianthine comme à la phtaléine. L'acidité de l'acide succinique se trouve donc exaltée par la présence des deux atomes d'halogène.

» Je me propose d'indiquer sous peu, en collaboration avec M. Imbert, quelques observations sur l'acidimétrie de certains acides possédant plus de trois carboxyles dans leur molécule, et, en particulier, sur l'acide mellique. »

---

(1) G. Massol, *loc. cit.*, p. 21.
(2) G. Massol, *loc. cit.*, p. 33.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'acide isopyromucique.* Note de M. **L.-J. Simon.**

« Il y a longtemps que l'on a signalé dans les produits de distillation de l'acide mucique un acide particulier, l'*acide pyromucique*. Houton Labillardière, qui l'a découvert en 1819 (*Annales de Chimie et de Physique*, t. IX, 2e série, p. 365), accuse un rendement de 8^{gr} à 10^{gr} d'acide pur pour 150^{gr} d'acide mucique, soit 6 pour 100, le rendement théorique d'après l'équation

$$C^6H^{10}O^8 = C^5H^4O^3 + CO^2 + 3H^2O$$

étant de 53 pour 100. Depuis lors, d'autres expérimentateurs ont préparé l'acide pyromucique par la même méthode, sans rendre l'opération plus avantageuse. Aussi le prépare-t-on habituellement par oxydation du furfurol qui est son aldéhyde.

» En 1873, Limpricht, en répétant cette distillation, a isolé, comme *produit accessoire*, un acide qu'il considère comme isomère du précédent et qui s'en distingue par un certain nombre de caractères :

» 1° Il est beaucoup plus soluble dans l'eau;

» 2° Il fond, dit-il, de 70° à 82°, alors que l'acide pyromucique fond à 133°-134°;

» 3° Au lieu de précipiter en jaune brun par le perchlorure de fer, il se colore en vert.

» Son étude, limitée probablement par le manque de matière, est très succincte; c'est à peine s'il signale l'existence d'un sel de plomb, pour lequel il indique la formule $(C^5H^3O^3)^2Pb, H^2O$. C'est cependant le seul travail qui ait été publié sur cet acide, alors que l'acide pyromucique a fait l'objet de recherches très nombreuses. Il est même complètement disparu de la littérature, au point qu'il n'est plus mentionné dans la 3e édition du *Manuel de Chimie organique* de Beilstein (le lexique de Richter ne mentionne que le travail de Limpricht).

» Bien plus, V. Oliveri et Peratoner (*Gazz. Chim.*, t. XIX, p. 633-639), après avoir repris en plus grand l'expérience de Limpricht, *ont nié l'existence de l'acide isopyromucique* et affirmé la formation exclusive de l'acide pyromucique.

» En variant les conditions de l'expérience, j'ai réussi à préparer avantageusement l'acide de Limpricht et à réaliser sa formation exclusive sans production appréciable d'acide pyromucique.

» La méthode est tout à fait semblable à celle qui permet d'obtenir l'acide pyruvique à partir de l'acide tartrique et du bisulfate de potassium.

» On chauffe à feu nu et rapidement un mélange bien intime d'acide mucique (350^{gr}) et de bisulfate de potassium (550^{gr}) très finement tamisé, dans un ballon de 5^{lit}, à col court, en relation avec un réfrigérant descendant; la masse se boursoufle et il distille un liquide aqueux qui passe entre 100° et 160°. La température indiquée par le thermomètre reste comprise entre 140° et 150° pendant une demi-heure environ, ce qui représente à peu près la moitié de la durée totale de l'opération.

» Le poids du distillat s'élève à 175^{gr}, environ la moitié du poids d'acide mucique employé. Cette solution aqueuse est alors distillée sous pression réduite; lorsque les deux cinquièmes du liquide ont distillé, on arrête l'opération et on laisse refroidir le ballon : il se produit une abondante cristallisation. On essore les cristaux et l'on distille l'eau-mère sous pression très réduite : l'eau passe d'abord, puis l'acide lui-même distille dans le voisinage de 100° pour une pression de 2^{cm} de mercure. On peut évaluer le rendement total à 10 pour 100 de l'acide mucique, c'est-à-dire à 20 pour 100 du rendement calculé d'après la formule indiquée plus haut.

» Le produit peut être purifié, soit par cristallisation dans l'eau par refroidissement de la solution chaude ou par évaporation de la solution faite à froid, soit par dissolution dans le chloroforme ou le benzène chauds, soit par distillation dans le vide.

» L'acide ainsi obtenu paraît être l'acide isopyromucique pur, exempt d'acide pyromucique.

» Il est blanc lorsqu'il est pur, d'une odeur empyreumatique; il est très soluble dans l'eau froide, l'alcool et l'éther, soluble dans le chloroforme et le benzène chaud, peu soluble dans le sulfure de carbone.

» Il semble cristalliser dans l'eau avec de l'eau d'hydratation et fond alors vers 80°-85°. Obtenu dans le chloroforme et le benzène ou par distillation, il est anhydre et fond plus haut, vers 90°-95°.

» La cryoscopie dans l'acide acétique du produit hydraté a fourni pour son poids moléculaire le nombre 144 (calculé pour $C^5H^8O^3, 2H^2O$: 148); pour le produit distillé la mesure a donné 116 (calculé : 112).

» La solution aqueuse étendue, saturée par la soude en présence de phtaléine, a fourni le nombre 113 (calculé : 112); le virage est satisfaisant, quoique la solution jaunisse légèrement par addition d'alcali.

» L'acide isopyromucique donne, avec le prochlorure de fer, une coloration qui, en solution étendue, est vert bleuâtre intense; elle est très visible encore pour la dilution $\frac{1}{10000}$ et disparaît par addition d'acide; le sel de sodium, obtenu par neutralisation exacte, la présente au même degré; la solution aqueuse du sel de plomb la fournit aussi.

» Cet acide est-il l'isomère de position de l'acide pyromucique, c'est-à-dire l'acide β-furfurane-carbonique, correspondant à un isomère de fur furol? L'étude de cet acide, et en particulier la fixation de sa formule,

poursuivie par M. Chavanne, attaché au laboratoire des Hautes Études de l'École Normale, permettra de fixer ce point important. »

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Genèse des composés terpéniques dans la lavande* (¹). Note de M. **Eugène Charabot**, présentée par M. H. Moissan.

« Dans ma précédente Communication à l'Académie des Sciences, j'ai établi que, au cours du développement des fruits du *Citrus bergamia*, le linalol prend naissance avant son éther acétique pour se transformer ensuite, sous l'influence de l'acide libre, partie en éther, partie en limonène et dipentène. Je me suis proposé ensuite de suivre la série des transformations qui se produisent pendant la végétation dans une autre huile essentielle renfermant du linalol et son éther acétique. J'ai été conduit à formuler des conclusions analogues en étudiant l'essence de lavande.

» On sait que cette essence renferme principalement du linalol gauche, $C^{10}H^{18}O$, partie à l'état libre, partie à l'état combiné avec les acides acétique, butyrique, valérianique et avec des acides non saturés. Elle contient, en outre, un peu de géraniol, $C^{10}H^{18}O$, et, sans doute, un certain nombre d'éthers de cet alcool, enfin des sesquiterpènes, $C^{15}H^{24}$, avec des traces de pinène, $C^{10}H^{16}$, et de cinéol, $C^{10}H^{18}O$. Pour saisir les modifications que subit cette essence pendant le développement de la plante, j'ai étudié trois échantillons préparés à plus de 1000^{m} d'altitude, dans les environs de Briançonnet (²), et obtenus à deux semaines d'intervalle avec des plantes provenant d'un même champ.

» L'essence (I) a été extraite de plantes portant à peine des boutons; l'essence (II) provient de plantes en fleurs; l'essence (III) a été préparée au moment où les fleurs commençaient à se dessécher. Il en résulte que l'essence (II) correspond, en quelque sorte, au terme du développement de la lavande.

» Ces essences possédaient les caractères physiques suivants :

	Essence extraite de plantes		
	en boutons.	en fleurs.	portant des fleurs fanées.
Densité à 15°....................	0,8849	0,8854	0,8821
Pouvoir rotatoire ($l = 100^{mm}$)....	$-6°32'$	$-6°48'$	$-6°50'$

(¹) Travail fait au Laboratoire de Chimie organique de la Sorbonne.

(²) Je dois à l'obligeance de M. Silvy, distillateur à Châteauneuf (Alpes-Maritimes), les produits sur lesquels a porté mon étude et suis heureux de lui adresser ici tous mes remercîments.

» On voit que la densité augmente pendant la végétation, puis diminue très sensiblement lorsque la fleur se dessèche ; le pouvoir rotatoire augmente constamment.

» *Acides libres.* — Pour des poids égaux de lavande, j'ai retiré des volumes égaux d'eau distillée et j'y ai dosé les acides libres.

Eau correspondant à l'essence	Potasse décinormale neutralisant 200^{cc} d'eau.	Acidité en acide acétique par litre.
	cc	gr
(I)	17,47	0,5241
(II)	15,72	0,4716
(III)	12,82	0,3846

» Ainsi, comme dans le cas de l'essence de bergamote, *l'acidité diminue au fur et à mesure que la tige vieillit.*

» Les différences sont si notables qu'elles subsistent dans le même sens, soit que l'on exprime la proportion des acides par rapport au poids des plantes distillées, soit qu'on l'exprime par rapport à l'essence obtenue.

» *Éthers.* — Le dosage des éthers a donné les résultats suivants :

Essence extraite de plantes								
portant des boutons.			portant des fleurs.			portant des fleurs fanées.		
I.	II.	Moyenne.	I.	II.	Moyenne.	I.	II.	Moyenne.
36,7 %	36,5 %	36,6 %	40,4 %	40,4 %	40,4 %	39,9 %	39,6 %	39,75 %

» Ces analyses montrent que *l'essence s'enrichit en éther jusqu'au moment du complet épanouissement de la fleur, la proportion d'éther diminuant ensuite.*

» Il n'est pas sans intérêt de noter les variations que subit, selon l'âge de la plante, le pouvoir rotatoire de l'essence lorsque l'on saponifie les éthers. Dans le Tableau suivant, je mets en regard le pouvoir rotatoire des trois essences après saponification, ainsi que l'élévation subie par cette constante physique.

	Essence extraite de plantes		
	en boutons.	en fleurs.	portant des fleurs fanées.
Pouvoir rotatoire après saponification...	$-7^\circ 45'$	$-8^\circ 35'$	$-9^\circ 10'$
Élévation du pouvoir rotatoire.........	$1^\circ 13'$	$1^\circ 47'$	$2^\circ 20'$

» De sorte que le pouvoir rotatoire de la portion alcoolique surpasse celui de la portion éthérée : de $3^\circ 19'$ dans le produit (I), de $4^\circ 25'$ dans le produit (II), de $5^\circ 52'$ dans le produit (III), c'est-à-dire d'autant plus que la plante est plus âgée. Je me bornerai, pour le moment, à signaler ce fait, me réservant d'y revenir plus tard à propos de l'étude comparative des portions alcooliques des trois essences.

» Les différences entre les teneurs en alcool de ces essences sont moins sensibles que dans le cas de l'essence de bergamote, aussi ai-je essayé de rendre dans les dosages

les erreurs aussi constantes que possible. Pour cela j'ai effectué deux séries de déterminations, en recommençant chaque fois l'acétylation. J'indiquerai seulement ici les résultats moyens, la méthode de calcul sera exposée dans un autre recueil :

	Essences		
	(I).	(II).	(III).
Alcool libre.........	21,0 %	16,7 %	18,9 %
Alcool total.........	49,8 %	48,4 %	50,25 %

» Ces résultats montrent que *la proportion d'alcool libre et la proportion d'alcool total diminuent dans l'essence, jusqu'au moment où les fleurs sont completement épanouies, en même temps que la proportion d'éther augmente; puis, lorsque la fleur se fane, l'essence s'enrichit en alcool alors que, au contraire, sa teneur en éther diminue.*

» Ainsi, comme dans le cas de l'essence de bergamote, l'éthérification est accompagnée d'une diminution de la proportion totale d'alcool et de la proportion d'acide libre. Ces faits montrent bien qu'ici encore les éthers prennent naissance par l'action directe des acides sur les alcools. Dans ces conditions, pendant le développement de la plante, une partie du linalol s'éthérifie tandis qu'une autre partie de cet alcool terpénique se déshydrate. C'est ainsi que l'on voit décroître non seulement la proportion d'alcool libre, mais encore la proportion d'alcool total. Par contre, aussitôt que l'éthérification est terminée, ce qui a lieu lorsque les fleurs commencent à se faner, on constate que la proportion totale d'alcool augmente d'une façon relativement rapide.

» L'élimination d'eau, qu'elle ait pour effet la formation d'éthers ou celle de terpènes, a pour siège les parties vertes de la plante. Il est tout naturel d'admettre que, se produisant dans un milieu où s'exerce la chlorovaporisation, elle soit une conséquence de ce phénomène. »

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur un nouveau procédé d'extraction du caoutchouc contenu dans les écorces de diverses plantes et notamment des* Landolfia. Note de MM. **A. Arnaud** et **A. Verneuil**, présentée par M. Roux.

« Les applications industrielles du caoutchouc se multiplient de jour en jour, sans qu'il soit permis d'espérer que la production puisse indéfiniment s'accroître par l'exploitation des seules ressources naturelles et spontanées. Aussi les industriels ont-ils déjà songé à utiliser les cultures intensives de

certaines plantes à caoutchouc et le rapide essor que prennent les cultures coloniales justifie pleinement leurs espérances ([1]). Les *Landolfia* tiennent le premier rang parmi les espèces à préconiser pour la culture, non seulement en raison de leur rapide croissance, mais aussi parce que le caoutchouc qu'ils fournissent est de toute première qualité.

» Ces lianes croissent spontanément dans presque toute l'Afrique et fournissent déjà, par le procédé barbare de la saignée, ou incision, une grande quantité de caoutchouc, très apprécié dans le commerce. Le procédé de la saignée, le seul universellement employé, réussit cependant médiocrement avec les lianes *Landolfia* ou autres, car le latex de celles-ci, loin de s'écouler facilement et abondamment comme cela a lieu pour les *Hevea* du Brésil ou les *Castilloa* de l'Amérique centrale, se coagule presque instantanément sur le lieu même de l'incision, laissant ainsi la majeure partie du caoutchouc dans les vaisseaux laticifères.

» Depuis quelques années on a beaucoup cherché une solution donnant toute satisfaction, mais presque tous les procédés proposés reposent sur l'emploi des dissolvants appropriés, tels que le sulfure de carbone, la benzine, etc., agissant sur les écorces de *Landolfia* desséchées et grossièrement pulvérisées. Mais les dissolvants doivent être employés en quantité énorme par rapport au caoutchouc et, de plus, par évaporation, ils donnent toujours un caoutchouc ayant perdu une partie de sa ténacité et de sa valeur commerciale. Aussi quelle que soit la simplicité relative d'un tel procédé, n'en connaissons-nous pas d'application industrielle.

» On a pensé aussi à détruire, ou tout au moins à désagréger la cellulose de l'écorce, soit par l'action des alcalis, soit par celle des acides, afin de mettre en liberté le caoutchouc. Le procédé, récemment préconisé par M. Deiss, utilise l'action destructive de l'acide sulfurique concentré. Mais, quoique ce procédé soit appliqué, paraît-il, pour traiter les écorces du *Willugbeia* dans la presqu'île de Malacca, il est évidemment trop coûteux pour que son application se généralise.

» Nous avons réussi à tourner la difficulté en traitant les écorces par un procédé purement mécanique sans aucune intervention chimique.

» Les écorces fraîches ou sèches de *Landolfia* (*Lianes Toll* du Sénégal ou *Lianes Gohine* du Soudan) mises obligeamment à notre disposition par

---

([1]) On fait actuellement au Congo belge des plantations de *Landolfia* sur une grande échelle.

l'éminent horticulteur M. Godefroy-Lebeuf, qui fut l'un des premiers à préconiser le traitement direct des écorces, nous ont donné d'excellents résultats que nous résumons ici :

» Les écorces sèches sont pulvérisées au pilon ou à la meule, ou par tout autre moyen agissant d'une manière analogue, puis tamisées de façon à séparer 40 à 50 pour 100 de poudre fine ne renfermant pas trace de caoutchouc. Le résidu, en partie aggloméré par plaques, est imbibé d'eau chaude, puis soumis à un long broyage, qui détermine la formation d'une pâte épaisse et friable, laquelle est ensuite tamisée au sein de l'eau chaude.

» Un nouveau broyage du magma resté sur le tamis fait apparaître dans la masse des filaments vermiculaires blanchâtres de caoutchouc. Ceux-ci, par un battage suffisamment prolongé, s'agglomèrent de plus en plus et finissent par former des masses spongieuses renfermant la totalité du caoutchouc.

» Pour séparer le reste de l'écorce adhérente, on projette le tout dans l'eau bouillante : le caoutchouc, plus léger, venant surnager à la surface, est facilement recueilli. Par un battage prolongé, on le transforme en une plaque ou réseau, formé de caoutchouc presque pur.

» La purification complète s'effectue par passage aux cylindres-laminoirs à vitesses différentielles, comme cela se fait ordinairement pour la purification des caoutchoucs bruts.

» Avec les *Landolfia*, les rendements sont très bons : l'écorce aérienne fournit 8 à 9 pour 100 de caoutchouc; l'écorce de racine, 14 à 15 pour 100 et davantage; le tout venant, mélange de brindilles de diverses espèces, donne encore 6 à 8 pour 100. Les dissolvants ne donnent pas de rendements plus forts, et encore faut-il tenir compte dans ce cas des résines et matières grasses dissoutes (1).

» Ce procédé mécanique d'extraction, d'une grande simplicité, est applicable partout, et de plus, par son mode d'obtention même, le caoutchouc ainsi préparé a subi une véritable purification et se trouve exempt des corps gras et résineux qui le souillent ordinairement, même quand il a été recueilli par coagulation directe du latex.

» En résumé, le broyage, en milieu humide, procédant par écrasement ou percussion, combiné avec l'emploi judicieux de l'eau chaude servant à la lévigation de la masse semi-pâteuse obtenue, conduit directement à l'extraction totale du caoutchouc contenu dans les écorces, et cela sans avoir recours à aucun réactif chimique.

» Nous croyons que l'industrie, par l'intermédiaire des plantations coloniales, pourra tirer un parti très avantageux de ce nouveau mode d'extraction. »

---

(1) L'écorce d'*Haucornia* américaine, traitée par le même procédé, nous a donné plus de 5 pour 100 d'excellent caoutchouc.

PHYSIOLOGIE ANIMALE. — *Défense de l'organisme contre les propriétés morbifiques des sécrétions glandulaires* [1]. Note de MM. **Charrin** et **Levaditi**, présentée par M. Roux.

« La plupart des sécrétions glandulaires, des sucs digestifs, en particulier les produits du pancréas, engendrent, quand on les introduit dans les tissus, une série de lésions [2]; le système nerveux plus spécialement, d'après nos recherches, subit cette influence morbifique (chromatolyse, hémorragies, gonflements variqueux des prolongements, etc.).

» Or, ces principes pancréatiques sont quotidiennement déversés dans l'intestin, sans provoquer, à l'état normal, le moindre accident : il nous a dès lors paru intéressant d'examiner les moyens dont dispose l'organisme pour se défendre contre un pareil voisinage, d'autant plus que cet organisme est pourvu de divers modes de protection à l'égard des microbes ou toxines situés dans des conditions analogues et que certaines de ces sécrétions glandulaires sont plus nuisibles que quelques-unes de ces toxines.

» Dans une anse de l'iléon choisie près du duodénum et fermée, après évacuation du contenu, à chaque extrémité, on place 5^{cc} à 8^{cc} d'une solution aqueuse trypsique [3]. On suture l'abdomen, puis, au bout de dix à vingt-quatre heures, soit avant, soit après la mort de l'animal qui souvent succombe promptement, on constate que cette anse renferme 3 ou 4 fois plus de liquide qu'au moment de l'injection.

» Ce liquide contient sensiblement les quantités de diastase active déposée; cependant mis sous la peau, à doses égales, il détermine une lésion locale un peu moins rapide qu'auparavant, différence qui, à la vérité, peut tenir à la dilution enregistrée.

» Cette expérience tend donc à prouver que ce suc glandulaire, en dehors d'une partie peut-être fixée par les aliments, demeure dans la lumière de la région supérieure de l'intestin, là où il doit remplir son rôle.

» Dans une deuxième série de recherches, on répète cette expérience, mais après avoir plus ou moins complètement détruit, par traumatisme, la couche muqueuse.

---

(1) Travail du laboratoire de Médecine expérimentale des Hautes-Études, Collège de France.

(2) Voir Pavlow, *Arch. f. die gesam. Phys.*, Bd. XVI; Kuhne, *Verh. des natur. med. Vers.*, Heidelberg, t. II, p. 6; Hildebrandt, *Virch. Arch.;* Langerhans, *Fest. f. Virchow*, 1891; Hlava, *Congr. Moscou*, 1896; Dettmar, Leo, Lépine et Lannois, etc.

(3) Nous avons utilisé des produits fabriqués par Merck, par Poulenc ou retirés du pancréas suivant la méthode de Kühne; ces produits ont, du reste, donné les principales réactions. — Pour engendrer, chez la souris, une lésion cutanée digestive, amenant la mort en huit ou douze heures, il fallait injecter $0^{cc},5$ à 1^{cc} de notre solution.

Dans ces conditions, malgré le sang qui parfois s'épanche ultérieurement à la fermeture, le volume retrouvé, après le même temps, est en général inférieur à celui qu'on observe au cours des premiers essais. D'un autre côté, si par la chaleur on altère cette couche interne laissée en place, on constate encore une plus faible augmentation : or, ces deux résultats mettent en évidence l'intervention de l'épithélium.

» L'eau déversée par les canaux excréteurs des annexes n'entre pas ici en ligne de compte; tantôt, en effet, nous avons au préalable lié ces canaux, tantôt nous avons choisi une anse située au-dessous de leur embouchure. Il est donc, par suite, indiscutable qu'à ce niveau l'intestin sécrète une grande quantité d'eau d'une utilité manifeste dans une zone où s'opèrent une foule d'opérations chimiques ou de processus d'hydratation.

» Lorsqu'on emprisonne cette pancréatine dans une anse supérieure privée de sa muqueuse, fréquemment on découvre dans les viscères, de préférence dans le foie, des altérations qui n'existent pas, du moins au même degré, si cette muqueuse est intacte. On est par conséquent en droit de penser que cette paroi s'oppose au passage de ce suc du pancréas, comme d'ailleurs l'établissent nos premières recherches, ou que, si une minime quantité s'échappe, elle perd ses propriétés morbifiques en traversant l'intestin, peut-être en arrivant dans le sang; le résultat des injections intraportales prouve, en tout cas, que le parenchyme hépatique est sans action importante.

» Des expériences comparables faites au niveau de l'extrémité inférieure de cet intestin grêle conduisent à d'autres constatations.

» Dans une anse placée près de la valvule de Bauhin et liée à chaque extrémité, on dépose, après évacuation du contenu, 5^{cc} à 8^{cc} de la solution aqueuse de trypsine, à 5 pour 100; au bout d'un nombre d'heures égal à celui de la première série d'essais, on reconnaît que le liquide introduit a plus ou moins diminué; il est parfois réduit à des résidus solides. Or, en injectant la partie conservée ou ces résidus repris par 5 à 8 parties d'eau, on s'aperçoit que l'activité de la sécrétion a sensiblement fléchi : plus la résorption est considérable, plus cette disparition d'activité est prononcée.

» Il est intéressant de remarquer que dans le bas de l'iléon, à un niveau où les métamorphoses chimiques sont terminées, l'eau et la diastase trypsique deviennent relativement inutiles; aussi à ce niveau la muqueuse résorbe et cette résorption exige, pour être rapide, le moins de liquide possible. D'ailleurs, ce processus de soustraction, qui permet d'absorber les aliments transformés, est bien l'œuvre de cette muqueuse, puisque, si on l'altère, la diminution du contenu est plus restreinte [1].

---

[1] Les hémorragies tardives peuvent causer des erreurs. En se substituant au liquide inclus, le sang ou les principes exsudés sont capables de faire croire à l'abaissement de l'activité de la trypsine; inversement, des thromboses, conséquences du traumatisme, en obstruant les voies d'absorption, sont aptes à conserver cette même activité.

» Quand cette couche interne fait défaut ou est détériorée, en bas comme en haut on décèle assez ordinairement dans le foie des modifications qui le plus souvent sont absentes lorsqu'elle est intacte. Or, tout en admettant qu'une partie de cette pancréatine, bien qu'en général la démonstration de ce fait soit difficile, s'élimine avec les fèces, on est conduit à reconnaître qu'une autre partie s'échappe par absorption réalisée vers la fin de l'iléon; mais, d'un autre côté, comme à l'état normal cette absorption n'est pas suivie de lésions bien manifestes, il faut supposer qu'en passant dans la circulation ce produit si éminemment morbifique subit des atténuations.

» L'expérience prouve que ces atténuations ne se font d'une manière marquée ni dans le foie, ni au contact des ganglions mésentériques; elle établit également que dans la lumière du conduit alimentaire ces modifications, attribuables, au moins partiellement, d'après des recherches poursuivies *in vitro*, à l'influence des parasites, sont, au bout d'une demi-journée, lentes et peu prononcés. Il suffit, en liant les vaisseaux qui desservent l'anse fermée, d'obliger le liquide à séjourner pour pouvoir apprécier la marche des changements enregistrés. Dès lors, sans cependant pouvoir donner une démonstration directe, on est amené, par exclusion, à penser que ces modifications des produits du pancréas se réalisent dans l'épaisseur de l'intestin.

» Peut-être aussi (phénomène qui sera jugé ultérieurement) convient-il d'admettre, dans une faible mesure, une intervention du sang? On constate, en effet, que souvent du sérum normal réduit quelque peu l'action de dissolution de la trypsine à l'égard des hématies ou de l'albumine; le chauffage de ce sérum à 60° fait disparaître cette propriété inhibitrice. Toutefois, les proportions nécessaires, plus encore les lésions hépatiques décelées dans le cas d'ablation de la muqueuse, indiquent que cette protection sanguine, dès que la dose de diastase s'élève, devient insuffisante.

» En définitive, ces recherches montrent que l'organisme est protégé contre les attributs nuisibles de certaines sécrétions digestives, de préférence pancréatiques, et que ces modes de protection, suivant qu'il s'agit de la partie inférieure ou supérieure de l'intestin grêle, offrent des analogies et des différences. — En haut et en bas, ces moyens de défense résident surtout dans l'intervention de la muqueuse, des parasites intestinaux et peut-être du sang; mais, en haut, cette défense consiste, en outre, dans le maintien, à l'aide du mucus ou de la couche interne, de ces sécrétions glandulaires dans l'intérieur même du canal alimentaire, tandis qu'en bas il s'agit d'une atténuation des propriétés morbifiques de ces produits.

» Il est aisé de concevoir des conditions (botulisme, entérites, etc.) capables, en altérant l'intestin, de faire fléchir la plus efficace de ces protections, qui avant tout dépend de la muqueuse de cet intestin, membrane propre à assurer la rétention ou la modification de ces sucs si nuisibles une fois hors du tube digestif; par suite, il devient nécessaire, quand en pathologie on parle des éléments toxiques d'origine intestinale, de placer ces sucs, en dehors des acides, des composés aromatiques ou bactériens, etc., au nombre des principes aptes à provoquer des accidents d'auto-intoxication. »

PHYSIOLOGIE ANIMALE. — *Sur la résorption intestinale des sucres.* Note de M. E. **Hédon**, présentée par M. Lannelongue [1].

« Dans une précédente Note [2], nous avons montré qu'il y a un rapport entre l'activité diurétique des différentes espèces de sucres et leurs poids moléculaires. Les résultats obtenus dans cette voie m'ont engagé à rechercher s'il existe des relations du même ordre pour la résorption intestinale de ces substances. D'après les lois de la résorption connues jusqu'ici, il était à prévoir que, en enfermant dans des anses intestinales les solutions de divers sucres de même concentration, les résultats présenteraient des différences en rapport avec les valeurs de la tension osmotique.

» J'ai étudié d'abord comparativement la résorption des divers sucres en solution à 25 pour 100, solution fortement hypertonique et attirant, par conséquent, l'eau du sang dans l'intestin, c'est-à-dire possédant une action purgative. J'avais ainsi une double comparaison à établir, l'une relative à l'intensité de la résorption, l'autre se rapportant à la force d'attraction pour l'eau. J'ai opéré dans tous les cas de la même façon, chez le lapin, introduisant dans une anse d'intestin grêle de 1^{m} de longueur, toujours à la même distance du pylore, 20^{cc} de la solution, entre deux ligatures. Les expériences avec le glycose montrèrent que, dans ces conditions, la quantité de liquide retrouvée dans l'intestin atteignait son maximum au bout de deux heures, et le rapport entre cette quantité (l') et la quantité introduite (l) était alors de 4,5 en moyenne. Au bout de ce temps, le titre de la solution était tombé à 4 pour 100 environ, la quantité de sucre résorbée s'élevait à $1^{gr},27$ en moyenne, et le rapport entre cette quantité (s') et la quantité introduite (s) était, par conséquent, 0,254. Le rapport $l' : l$ (coefficient de transsudation, ou coefficient purgatif) se montrait, dans une certaine mesure, indépendant du volume de la solution, c'est-à-dire que, pour une même concentration, la quantité de liquide attirée dans l'intestin était proportionnelle au volume introduit. Il n'en était pas de même des quantités de sucre résorbées, qui croissaient moins vite que les quantités introduites, de telle sorte que le rapport $s' : s$ baissait avec l'augmentation de l'apport de sucre.

---

(1) Laboratoire de Physiologie de la Faculté de Médecine de Montpellier.

(2) Hédon et Arrous, *Comptes rendus*, 13 novembre 1899.

» Voici maintenant les valeurs de ces rapports pour les différents sucres étudiés, à la même concentration de 25 pour 100. En ce qui concerne la transsudation de l'eau, c'est-à-dire l'action purgative, les quantités de liquide attirées dans l'intestin et, par conséquent, le rapport $l' : l$ augmentent graduellement depuis le raffinose (coefficient 2,5) jusqu'à l'arabinose (coefficient 6), en passant par les bihexoses (coefficient 3,15 pour maltose et lactose, 3,4 pour saccharose) et les hexoses (coefficient 4,5 pour glycose et lévulose, 4,7 pour galactose); en d'autres termes, le pouvoir d'attraction pour l'eau, ou l'énergie de l'action purgative, croît en raison inverse du poids moléculaire de ces sucres, de même que leur pouvoir diurétique, ainsi que nous l'avons établi précédemment.

» Mais avec l'arabinose s'arrêta cette progression ascendante, car avec l'érythrite (qui pourtant possède, en injection intraveineuse, un coefficient diurétique encore plus élevé que celui de l'arabinose), le coefficient de transsudation était seulement 4,5, comme pour le glycose.

» Conformément à cela, le pourcentage de sucre retrouvé dans l'intestin varie d'après les sucres et va en augmentant de l'arabinose au raffinose, étant donné d'ailleurs, d'une part, que les solutions enfermées dans une anse intestinale tendent à se mettre en équilibre isotonique avec le sang, et d'autre part, que chaque espèce de sucre possède un coefficient isotonique propre qui croît avec le poids moléculaire (pour la valeur de ces coefficients, *voir* notre Note du 13 novembre). La teneur en sucre du liquide intestinal au bout de deux heures était, en effet, de 8,8 pour 100 avec le raffinose, de 6 à 7 pour 100 avec les bihexoses, 4 pour 100 environ avec les hexoses et 3 pour 100 avec l'arabinose.

» Pour ce qui est de l'intensité de la résorption, elle croît également en raison inverse du poids moléculaire. Elle fut trouvée plus faible avec le raffinose ($s' : s = 0,102$), plus élevée avec les bihexoses ($s' : s = 0,152$ pour le sucre de canne), plus forte encore avec les hexoses ($s' : s = 0,254$ pour le glycose) et au plus haut point avec l'arabinose ($s' : s = 0,280$).

» Ces phénomènes étaient évidemment en rapport avec la tension osmotique, celle-ci présentant pour les diverses espèces de sucres à la même concentration des valeurs d'autant plus élevées que le poids moléculaire est plus faible. Mais maintenant, pour faire abstraction de ce dernier facteur et rechercher quelles influences les autres propriétés des sucres (grandeur et structure de leurs molécules, par exemple) auraient sur l'intensité de la résorption, j'ai introduit dans l'anse intestinale différents sucres en solutions isotoniques entre elles. De plus, pour supprimer tout courant endos-

motique, j'ai employé des solutions telles que leur concentration moléculaire fût à peu près égale à celle du sérum sanguin. (Parmi les sucres à poids moléculaire élevé, j'ai choisi le raffinose, parce qu'il demeure inaltéré dans l'intestin.) Dans ces conditions, la résorption se montra la plus intense pour les deux hexoses étudiés, glycose et galactose, moindre pour l'arabinose, et comparativement beaucoup plus faible pour le raffinose, tant en valeur absolue qu'en valeur relative. En introduisant dans l'anse intestinale 50^{cc} de la solution isotonique au sérum pour chaque sucre, le rapport $s':s$ s'élevait au bout de deux heures à 0,43 avec le glycose, 0,36 avec l'arabinose et tombait à 0,08 avec le raffinose. »

PHYSIOLOGIE ANIMALE. — *Les organes périphériques du sens de l'espace.* Note de M. E. de Cyon, présentée par M. Marey.

« Sous ce titre, j'ai eu l'honneur, le 31 décembre 1877, de présenter à l'Académie ([1]) une Note dans laquelle fut affirmée pour la première fois l'existence d'un organe spécial, destiné à nous procurer des sensations de direction et d'étendue. A l'aide de ces sensations se forme notre notion d'un espace extérieur à trois dimensions.

» Sur cet espace idéal nous projetons toutes les sensations provenant des autres sens (vue, toucher, etc.) qui forment les *espaces visuel* ou *tactile*. En m'appuyant sur les résultats des recherches expérimentales (poursuivies depuis 1873), sur les phénomènes découverts par Flourens, je suis parvenu à localiser l'organe du sens de l'espace dans les canaux semi-circulaires du labyrinthe. C'est à l'aide de ce sens que les animaux parviennent à s'orienter dans les trois directions de l'espace.

» Dans l'exposé détaillé de mes recherches ([2]) sur ces fonctions du labyrinthe j'avais induit trois conséquences forcées de ma théorie :

» 1° Le vertige visuel est le résultat d'un désaccord entre les sensations fournies par les canaux semi-circulaires et celles données par la vue, entre l'*espace idéal* et l'*espace visuel* : donc les sourds-muets privés des canaux semi-circulaires ne doivent pas connaître ce vertige. En effet, les

---

([1]) *Comptes rendus*, 1877.

([2]) *Recherches expérimentales sur les fonctions des canaux semi-circulaires et sur leur rôle dans la formation de la notion de l'espace* (*Bibliothèque de l'École des Hautes Études*, t. XVIII, 1878).

expériences faites sur les sourds-muets par James, Kreidl, Strehl et autres ont démontré depuis que la notion même du vertige est inconnue à une grande partie de ces malades.

» 2° Les otocystes chez les invertébrés doivent jouer le même rôle dans l'orientation que les canaux semi-circulaires chez les vertébrés. Les expériences si variées d'Yves Delage sur les mollusques et les crustacés ont permis de conclure « que l'otocyste est l'organe spécial destiné à assurer » une locomotion correcte et que la vue et le toucher destinés à des fonc- » tions différentes peuvent cependant suppléer les otocystes lorsque celles- » ci sont détruites ([1]). »

» 3° Si les trois paires de canaux semi-circulaires disposés dans les trois plans perpendiculaires de l'espace servent à former la notion d'un espace à trois dimensions, les animaux ne possédant que deux paires de canaux ne doivent connaître qu'un espace bidimensionnel et se diriger seulement dans deux directions de l'espace; ceux à une paire de canaux ne sauraient se diriger que dans une seule direction.

» Dès 1878, j'ai pu vérifier l'exactitude de cette dernière induction par des expériences sur la lamproie (*Petromyzon fluviatilis*); ces poissons ne possèdent que deux paires de canaux; ils ne se dirigent volontairement que dans deux directions de l'espace. Pour se déplacer à longue distance ils sont forcés de s'accrocher au moyen de leur suçoir à la queue d'autres poissons ou aux navires. Tout récemment j'ai pu vérifier ce même fait par des expériences sur des animaux qui, dès leur naissance, ne possèdent, d'après les recherches de B. Rawitz ([2]) qu'une seule paire de canaux, les verticaux supérieurs. Ce sont les souris dansantes japonaises. Ces petits animaux, tout en possédant au plus haut degré l'*aptitude à maintenir l'équilibre et à coordonner tous leurs mouvements*, ne se meuvent jamais qu'en zigzag, tantôt à droite, tantôt à gauche, décrivent constamment des cercles et exécutent pendant des heures entières une danse tournante (genre valse à plusieurs figures et par couples) sans montrer jamais le moindre indice de vertige. On peut dire qu'en dehors de leur sommeil et de leurs repas elles dansent continuellement ([3]). Ces souris *ne peuvent se diriger ni en ligne droite ni dans le sens vertical.* Elles ne parviennent à escalader une

---

([1]) Yves Delage, *Sur une fonction nouvelle des otocystes comme organes d'orientation locomotrice* (*Arch. de Zool. expérim.*, t. V, 1887.)

([2]) *Archiv für Physiologie*, von Engelmann, 1899.

([3]) *Recueil du cinquantenaire de la Société de Biologie*, 1900.

pente inclinée que par hasard et uniquement dans l'obscurité complète. Le moindre rayon de lumière les fait dégringoler immédiatement. L'aveuglement subit provoque chez elles les mêmes troubles moteurs que l'extirpation simultanée des trois paires de canaux semi-circulaires chez les autres animaux.

» Ainsi les trois conséquences induites de ma théorie du sens de l'espace ont été pleinement confirmées par les observations et expériences ultérieures. Grâce à l'ensemble de mes recherches expérimentales de ces dernières années sur les canaux semi-circulaires je suis parvenu à formuler les bases de cette théorie dans les trois propositions suivantes :

» 1° L'orientation dans les trois plans de l'espace, c'est-à-dire le choix d'une des trois directions de l'espace, dans lesquelles s'exécutent les mouvements des vertébrés, est la fonction exclusive des canaux semi-circulaires;

» 2° La détermination des forces d'innervation nécessaires aux centres nerveux, pour le maintien de l'équilibre et pour l'orientation dans l'espace, s'accomplit en grande partie à l'aide du labyrinthe. Elle peut pourtant être suppléée jusqu'à un certain point par les organes de la vue, du toucher, etc. Cette détermination s'accomplit grâce à une action inhibitrice continue exercée par les terminaisons nerveuses des ampoules et des otocystes sur les centres nerveux qui président à l'innervation des muscles volontaires. Ce caractère inhibitoire de l'action des canaux semi-circulaires fut déjà entrevu par Flourens qui la désignait comme une action qui *modère*, une force qui *régit* (¹). Chevreul fut encore plus précis en désignant les canaux semi-circulaires comme des organes qui *empêchent* les phénomènes de Flourens de se manifester;

» 3° Les sensations provoquées par l'excitation des canaux semi-circulaires sont des sensations de direction et d'espace. Elles ne parviennent à notre perception consciente que si nous concentrons notre attention sur elles. Les qualités de ces sensations ainsi que les plans dans lesquels s'opère l'orientation dépendent de la position anatomique des canaux semi-circulaires en état de fonctionner normalement.

» Un exposé détaillé de mes récentes recherches sur le sens de l'espace est sur le point de paraître (²). »

(¹) *Journal des Savants*, p. 10; 1831.

(²) *Ohrlabyrinth, Raumssinn und Orientirung* (*Archiv von Pflüger*, Vol. LXXXI).

OPTIQUE. — *La focimétrie photogrammétrique en microscopie.* Note de M. V. **Legros**, présentée par M. Marey.

« Les constructeurs de microscopes et les micrographes ne sont qu'assez pauvrement pourvus de moyens de détermination des constantes optiques de leurs instruments; on sait, d'autre part, que l'appareil photogrammétrique connu sous notre nom constitue un instrument très maniable pour la détermination pratique des constantes optiques des objectifs photographiques. Il nous a semblé qu'il suffirait d'en réduire l'échelle pour le rendre applicable aux besoins de l'optique photographique.

» Dans cette vue, nous avons fait appel à l'expérience du constructeur Stiassnie, chef actuel de la maison Vérick. Les premiers essais tentés avec son concours ont montré que, pour répondre à toutes les exigences actuelles de la pratique, la construction d'un instrument spécial n'est même pas indispensable. La méthode est donc immédiatement à la portée de tout laboratoire scientifique qui dispose, en dehors du microscope, d'un cercle divisé horizontal donnant la minute.

» Le microscope doit être inclinant et pourvu d'une vis micrométrique à tête divisée, ainsi que de la sous-platine à crémaillère et pignon du condensateur Abbé. C'est cette sous-platine qui porte les systèmes optiques à essayer, à l'aide de bonnettes appropriées qui se substituent au condensateur. Ces bonnettes, de la forme générale des « diaphragmes à tube », sont les seules pièces nouvelles nécessaires. Le microscope est armé d'un objectif et d'un oculaire faibles, donnant ensemble un grossissement d'une centaine de fois. Sur la platine est disposé un micromètre, la graduation tournée en dessous vers la sous-platine.

» Le microscope, ainsi préparé et incliné jusqu'à l'horizontale, est placé sur la plate-forme supérieure du cercle divisé, en face d'une fenêtre ayant des vues sur des objets éloignés, la sous-platine tournée vers l'extérieur, le miroir rejeté en dehors du champ, qui doit rester libre.

» Le micromètre est d'abord mis au point dans le microscope ordinaire et les traits de la graduation sont orientés verticalement. A l'aide de la crémaillère de la sous-platine, et en observant dans le microscope, on met à son tour au point, sur ce même micromètre, l'image des objets extérieurs produite par le système optique essayé, de telle façon que l'image d'une verticale éloignée coïncide avec le trait central de la graduation. S'il s'agit

d'un objectif à immersion, il est dûment plongé dans son fluide d'immersion. Dans un réglage idéal, le point nodal *d'avant* du système optique essayé devrait, en ce moment, se trouver situé sur l'axe de rotation : on se basera approximativement sur cette considération dans le placement du microscope sur la plate-forme.

» A l'aide du mouvement du cercle, l'image de la verticale choisie est alors amenée successivement en coïncidence avec deux traits de la graduation, symétriques par rapport au trait central. Soient $2l$ la longueur ainsi interceptée sur le micromètre; 2α l'angle qui y correspond sur le cercle; f la longueur focale cherchée. On a

$$l = f \operatorname{tang}\alpha, \qquad \text{d'où} \qquad f = l\,\frac{1}{\operatorname{tang}\alpha} = l \cot\alpha.$$

» Comme, dans l'intérêt même de la sûreté de la lecture, on s'arrête aux divisions principales du micromètre, la valeur de l sera généralement exprimée par un nombre entier inférieur à dix; et, en employant une table des cotangentes naturelles, la multiplication s'effectuera à vue.

» La longueur focale ainsi trouvée est rapportée au point nodal *d'arrière*. On déduira la position de ce point nodal par rapport aux parties matérielles de la monture de l'objectif essayé, en transportant cet objectif sur le tube du microscope et en en déterminant la « distance frontale » à la manière ordinaire, à l'aide de la vis micrométrique.

» Pour les oculaires du type Huygens, qui ne donnent d'image réelle extérieure que par une seule extrémité, c'est cette extrémité qui sera tournée vers le micromètre.

» La méthode photogrammétrique de focimétrie comporte les causes d'erreurs suivantes : 1° écart entre le plan de l'image réelle fournie par le système optique et le plan du micromètre; 2° erreur résultant pour la mise au point de ce système de ce que le repère n'est pas à l'infini; 3° erreur provenant de ce que l'axe de rotation ne passe pas par le point nodal d'avant du système; 4° erreur pouvant provenir d'un écart latéral de ce même système, par rapport au plan général de symétrie; 5° erreurs de graduation et de lecture : α, du micromètre; β, du cercle.

» La première de ces erreurs peut être rendue négligeable à la discrétion de l'observateur par l'application de la mise au point *parallactique* de M. Clarence E. Woodmann, application réalisable ici par un déplacement imperceptible de l'objectif du microscope d'observation sur un revolver. Les trois suivantes s'annulent également par le choix d'un repère suffisamment éloigné.

» Il n'en est pas de même des erreurs α et β, qui dépendent immédiatement du degré de perfection matérielle de l'outillage usuel de la Science. En admettant l'approximation du millième de millimètre et de la minute pour l'ensemble des doubles

lectures du micromètre et du cercle, les premiers essais portant sur des objectifs de 30^{mm} à $1^{mm},6$ de foyer avaient conduit de ce chef à l'évaluation d'une erreur relative présumable de $\frac{1}{200}$ à $\frac{1}{175}$ de la longuenr focale cherchée. Les dernières séries d'essais faites sur des objectifs de 3^{mm} à 1^{mm} de foyer, en prenant pour chacun plusieurs valeurs différentes de l et de α, n'ont pas donné d'écarts supérieurs à un centième de millimètre.

» Comme erreur relative, ces résultats sont moins satisfaisants que ceux que, sous des formules identiquement les mêmes, donne pour l'objectif photographique la focimétrie photogrammétrique. Cela tient à ce qu'en Photographie les grandeurs linéaires b sont incomparablement plus considérables, et les angles notablement plus étendus, alors que les erreurs absolues peuvent être maintenues entre les mêmes limites. Tels qu'ils sont, ces résultats semblent néanmoins plus avantageux que ceux des procédés plus détournés et plus discutables dont a dû jusqu'ici se contenter l'Optique microscopique. »

MINÉRALOGIE. — *Sur les transformations endomorphiques de l'andésite de Santorin sous l'influence d'enclaves enallogènes calcaires*. Note de M. **A. Lacroix**, présentée par M. F. Fouqué.

« Au cours d'une mission en Grèce, je me suis attaché à recueillir dans les champs de laves, entourant le cratère du Georgios (notamment à Aphroessa), les documents nécessaires à la démonstration définitive de phénomènes d'endomorphisme que j'ai brièvement indiqués ([1]), il y a quelques années, en décrivant les enclaves recueillies à Santorin par M. Fouqué, lors de l'éruption de 1866-1867.

» Celles de ces enclaves se rapportant au sujet qui m'occupe ici appartiennent aux trois catégories suivantes :

» 1° Cornéennes, essentiellement constituées par du pyroxène, de la wollastonite, du mélanite, de la humboldtilite (uniaxe et négative et dans d'autres cas monoréfringente), de la calcite généralement transformée en anhydrite. Ces cornéennes présentent d'extrêmes variations de composition minéralogique et de structure dans le même lit d'un même bloc.

» 2° Géodes scoriacées, hérissées de cristaux de wollastonite, de mélanite et de humboldtilite.

([1]) *Mémoires des Savants étrangers*, t. XXXI, n° 7, et *Les enclaves des roches volcaniques*, 1893.

» 3° Nodules ovoïdes, généralement creux, à périphérie compacte et à remplissage géodique, formés par des cristaux d'anorthite, d'augite d'un vert noir, d'olivine et de sphène; des nodules plus petits présentent la même composition; mais le pyroxène (*fassaïte*) y est plus abondant et vert.

» Les principaux minéraux de ces divers types d'enclaves ont été autrefois analysés par M. Fouqué et mesurés par Hessenberg. Les cornéennes et les géodes à wollastonite sont, sans aucun doute, le résultat de la transformation *exomorphe* de calcaires argileux et siliceux dont j'ai du reste trouvé des fragments imparfaitement transformés. Je me propose de démontrer que les autres produits énumérés plus haut sont au contraire le résultat de la transformation *endomorphe* du magma volcanique par absorption des mêmes calcaires et non point des ségrégations basiques de ce magma.

» La parenté de ces diverses enclaves ne saute pas aux yeux au premier abord (j'ai cependant trouvé dans quelques nodules à anorthite de petites géodes tapissées de cristaux de wollastonite); l'étude microscopique d'un nombre suffisant d'échantillons conduit au contraire à des résultats fort probants.

» Sous une apparente analogie de caractères extérieurs, les nodules à anorthite présentent d'extraordinaires variations de composition minéralogique quantitative et de structure. Les parties voisines de la zone libre des géodes sont généralement holocristallines et grenues, très pyroxéniques. La structure est, soit celle d'un gabbro, soit plus souvent celle d'un microgabbro, très riche en grains d'augite avec des phénocristaux d'anorthite. La partie périphérique des nodules présente tous les types possibles des structures diabasiques et microlitiques, depuis les types presque holocristallins, jusqu'à d'autres extrêmement riches en verre et cristallitiques; ces diverses structures peuvent s'observer sous forme de taches dans un même échantillon. La proportion d'augite y est très variable; quant aux feldspaths, ils sont très basiques, mais souvent extrêmement zonés, allant de l'anorthite au labrador.

» Quand il existe de la wollastonite, elle est groupée radialement sur le bord de cavités ou implantée sur de petits nodules de cornéenne à wollastonite et pyroxène.

» Les mêmes particularités de structure se retrouvent dans le support scoriacé des géodes à wollastonite, mais les types vitreux et cristallitiques y dominent. Les éléments des cornéennes (wollastonite souvent fibreuse et chondritique, mélanite, humboldtilite) se mélangent avec les feldspaths

et l'augite (renfermant quelquefois des grains de perowskite), établissant ainsi le passage minéralogique entre les cornéennes et les nodules à anorthite.

» Enfin, des types pétrographiques analogues, tantôt riches en wollastonite, tantôt au contraire très feldspathiques, s'observent sur quelques millimètres entre l'andésite normale et les cornéennes ou enfin dans des veinules de quelques centimètres d'épaisseur, injectées par l'andésite dans de grosses enclaves de cornéennes.

» Les faits qui viennent d'être résumés montrent qu'il existe tous les passages possibles entre l'andésite pauvre en chaux (essentiellement constituée par des microlites d'oligoclase avec quelques phénocristaux de labrador, d'hypersthène et d'augite) et des cornéennes résultant de la transformation de calcaires, passages s'effectuant par l'intermédiaire de roches très calciques, riches en pyroxène, en feldspaths tricliniques basiques (labrador à anorthite) et contenant parfois de l'olivine, c'est-à-dire de roches de la famille du basalte. Il est facile de suivre pas à pas les diverses phases de la transformation de l'andésite, et aucun cas d'endomorphisme ne peut être établi d'une façon plus saisissante que celui-ci.

» J'ai fait remarquer déjà combien les phénomènes métamorphiques des enclaves des roches volcaniques offrent d'intérêt au point de vue théorique; ils nous montrent dans bien des cas, mais en raccourci, des phénomènes de contact analogues à ceux des roches de profondeur et permettent de saisir les stades successifs de leur évolution, souvent incomplète. A ce point de vue, on peut comparer les transformations des andésites qui viennent d'être étudiées avec certains phénomènes endomorphes du granite. On retrouve dans l'inhomogénéité minéralogique et structurelle d'un nodule à anorthite de Santorin beaucoup de traits communs avec celle qui caractérise l'auréole endomorphe du massif de granite de Quériqut (Ariège) au contact des calcaires, qu'il a métamorphisés. L'analogie se retrouve plus frappante encore quand on compare les nodules à anorthite de Santorin, charriés dans l'andésite et séparés des enclaves de cornéennes qui m'ont servi à les interpréter, avec les enclaves basiques qui, dans l'Ariège, jalonnent les contacts granitiques et sont elles aussi, à mes yeux, des débris d'une zone endomorphisée. »

MINÉRALOGIE. — *Sur la non-existence du système hexagonal.* Note de M. **Fréd. Wallerant**, présentée par M. Fouqué.

« Depuis longtemps l'attention des physiciens et des cristallographes a été appelée sur ce fait que les corps cristallisés différaient peu par leurs propriétés physiques des corps isotropes, et Mallard en a donné une expression mathématique en montrant que les paramètres des cristaux différaient peu de ceux d'un corps appartenant au système cubique. Or la même relation entre les paramètres se vérifie pour les cristaux considérés comme hexagonaux ; ce qui est tout à fait inexplicable, comme je l'ai déjà fait remarquer ailleurs, puisqu'on ne peut comparer un réseau hexagonal à un réseau cubique. D'autre part, la propriété que possède la calcite, par exemple, de se macler par actions mécaniques, ne peut s'expliquer qu'en lui attribuant un réseau ternaire, tandis qu'il faut attribuer un réseau presque hexagonal à l'arragonite : ce qui constituerait une dérogation à la loi générale de la conservation sinon complète, du moins très approchée du réseau, dans les différentes formes d'un corps polymorphe.

» Pour ces différentes raisons, j'ai été amené à rechercher si les corps considérés comme hexagonaux ou presque hexagonaux avaient bien en réalité un axe hexagonal réel ou limite. J'ai recherché les travaux concernant ces corps, j'en ai étudié moi-même un certain nombre et pour tous je suis arrivé à cette conclusion, qu'ils ne possédaient qu'un axe ternaire réel ou limite et que la parité apparente de cet axe résultait de groupements de *cristaux*. Ces derniers satisfont aux lois qui régissent les groupements autour des axes ternaires et comme, en outre, les éléments de symétrie de l'ellipsoïde d'élasticité optique coïncident avec les éléments de symétrie du groupement, il en résulte que ceux-ci paraissent homogènes au point de vue optique.

» En effet, si la particule complexe possède un axe ternaire, deux cristaux peuvent se grouper à 180° l'un de l'autre, et le groupement aura un axe sénaire et six plans de symétrie, les plans a^2 et b^1 (notation du système cubique); si la particule complexe possède un axe ternaire-limite et un plan de symétrie b^1, six cristaux pourront se grouper, qui se répartiront en trois sous-groupes : les deux cristaux de chacun de ceux-ci, ayant un même plan de symétrie b^1 et étant symétriques l'un de l'autre par rapport au plan a^2 perpendiculaire sur b^1, simuleront un cristal orthorhombique,

dont l'angle sera de 120° ou voisin de 120°. Enfin, si la particule complexe possède un axe ternaire-limite et si le plan b^1 n'est qu'un plan-limite, douze cristaux pourront se grouper, qui se répartiront en trois sous-groupes : les quatre cristaux de chacun de ceux-ci sont symétriques par rapport à un plan b^1 et à un plan a^2 perpendiculaires l'un sur l'autre, et ils simuleront par suite un cristal orthorhombique dont l'angle sera égal ou voisin de 120°.

» Comme exemple du premier cas, je citerai la néphéline, dont les soi-disant cristaux hexagonaux sont formés, comme l'a montré M. Baumhauer, de deux cristaux ternaires orientés à 180° l'un de l'autre.

» Comme exemple du second cas, je citerai, parmi les cristaux que j'ai étudiés moi-même, le sulfate de potasse, qui est monoclinique; ce qui explique pourquoi, fréquemment, l'extrémité d'un cristal allongé ne présente que la moitié des faces exigées par la symétrie orthorhombique; la cymophane, la chalcosine, qui n'ont que le plan h^1 pour plan de symétrie et qui sont, en réalité, formées de nombreuses lamelles hémitropes, symétriques par rapport à g^1, comme l'indiquent les stries des faces de la zone pg^1. Dans les cristaux de péridot, les lamelles hémitropes sont accolées suivant la face p. M. Michel-Lévy (1) a nettement démontré l'existence de ce groupement en montrant que certains cristaux de péridot se résolvaient en lamelles hémitropes parallèles à p, et dont les directions d'extinction font entre elles des angles *variables* ne dépassant pas 3° : gênés dans leur développement, les cristaux ont pris une orientation voisine de l'orientation normale.

» Comme exemple du troisième cas, je citerai l'arragonite. Il résulte des recherches de MM. Hankel et Beckenkamp que l'apparence orthorhombique des cristaux de ce minéral provient du groupement de quatre cristaux symétriquement orientés par rapport aux plans h^1 et g^1. J'ai moi-même mis en évidence ces plans de macle dans les cristaux de strontianite, et ce résultat peut être étendu à tous les carbonates orthorhombiques.

» De ces exemples et d'autres que l'on pourrait citer, il paraît bien résulter que le système hexagonal n'existe pas dans la nature et que ce système n'a qu'une importance purement théorique. Dans tous les corps cristallisés, les particules complexes sont disposées suivant les mailles d'un réseau cubique ou d'un réseau pouvant se déduire de ce dernier par une légère déformation. »

---

(1) Michel-Lévy, *Mission d'Andalousie,* page 208.

GÉOLOGIE. — *La géologie de l'Australie occidentale.* Note de M. **Jules Garnier**, présentée par M. de Lapparent.

« L'Australie occidentale a fait l'objet d'un certain nombre de publications de la part de géologues éminents, mais la région centrale de cette vaste colonie, inhabitée jusqu'à ces dernières années et d'une pénétration difficile, était restée plus obscure, au moins dans ses détails. Mon fils P. Garnier avait pu y passer quelques mois en 1897 et me signalait des faits très curieux dans l'habitat de l'or, qu'on exploitait déjà très en grand; j'entrepris donc de m'y rendre avec lui en février 1898, et nous y pûmes constater les faits suivants :

» 1° La contrée est surtout formée de granits au travers desquels se montrent de très longues bandes parallèles de roches dioritiques orientées nord-nord-ouest, sud-sud-est.

» 2° Ces bandes ont souvent comme éléments, outre les cristaux d'amphibole hornblende et de feldspath, de l'or en grain presque invisible, à raison de 2gr à 3gr à la tonne de diorite.

» 3° Les zones dioritiques présentent des concentrations métallifères, de même direction, de même pendage à peu près vertical, et principalement formées d'or natif, de fer oxydulé, de pyrites, de galène, de chromate de plomb et de tellurures noirs ou jaunes; les premiers étant à base de mercure, d'or et d'argent, et les seconds ne tenant que de l'or.

» 4° Les zones métallifères se distinguent seulement, à l'œil, de la diorite proprement dite, par une apparence pseudo-schisteuse, qui semble due à un effet de liquation provenant de leur plus grande densité.

» 5° Les granits, encaissant l'ensemble des diorites plus ou moins métallifères, se fondent souvent au contact avec ces dernières roches, et sont parfois aurifères eux-mêmes. Cette considération et d'autres, trop longues à développer ici, nous feraient penser que tout cet ensemble de roches a une origine commune, et qu'elles ne diffèrent aujourd'hui que par suite d'une coordination subséquente des éléments, lesquels se sont groupés suivant des affinités chimiques.

» 6° Les diorites de couleur très verte, et, par suite, à base de protoxyde de fer (on a parfois trouvé dans leur masse des nids de graphite), forment un ensemble probablement magnétipolaire, ce qui expliquerait la régularité de leur direction voisine du nord-sud.

» 7° La dénudation habituelle a eu pour effet ici de former un immense plateau recouvert des éléments les plus résistants des roches disparues, lesquels s'étalent en une couche, parfois très épaisse, de sables et conglomérats quartzeux; d'innombrables fragments de quartz, mêlés à des hydrates de fer en masses de toute grosseur et, enfin, d'or natif.

» 8° L'or invisible à l'œil nu, dérivant des roches anciennes, a subi facilement l'action dissolvante des eaux très minéralisées qui circulent ici à la surface et au-dessous du sol, de sorte que l'ensemble de la couche alluvionnaire superficielle est toujours plus ou moins riche en or précipité : c'est l'or d'alluvion. Souvent la solution aurifère et acide a pu pénétrer la roche ancienne, quand elle est plus particulièrement chargée de minéraux alcalins; ceux-ci, détruits à la longue, sont remplacés par les dépôts d'or, de silice, et autres minéraux : ce sont des filons. Enfin, quand les mêmes eaux pénètrent, de la même façon, dans les zones métallifères et aurifères primitives dont nous avons parlé, elles les enrichissent en or d'une façon exceptionnelle.

» 9° Les eaux minéralisées pénètrent à la longue dans les roches les plus compactes du granit ou de la diorite, particulièrement dans leurs parties pyriteuses ou feldspathiques, formant de véritables *filons d'eau* en mouvement, parfois parallèles, se réunissant, se séparant, changeant d'inclinaison, etc. à la manière de la plupart des filons, mais se caractérisant toujours par la structure nettement schisteuse qu'ils donnent à la roche compacte primitive. Ce fait, très net ici, me donna la clé de la transformation en schistes de roches dioritiques de la Nouvelle-Calédonie, qui m'avait tant intrigué autrefois. Depuis, j'ai encore observé le même fait pour des granits du Beaujolais. »

M. Lippmann présente à l'Académie, au nom de M. *Antoine Cros,* trois épreuves photographiques en couleurs, exécutées d'après des tableaux. Le procédé employé est celui de Charles Cros. M. Antoine Cros affirme que la finesse et la justesse de ces épreuves sont dues à ce qu'elles ont été faites sans aucune retouche, et par l'application pure et simple de la méthode inventée par son frère.

M. Spalikowski adresse une courte Note statistique, relative au développement de l'alcoolisme.

Cette Note sera renvoyée à la Section de Médecine.

La séance est levée à 4 heures trois quarts.

M. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 22 janvier 1900.

Sur la coordination et la répartition des fractures et des effondrements de l'écorce terrestre en relation avec les épanchements volcaniques, par M. A. Michel-Lévy, Membre de l'Institut. Paris, au siège de la Société géologique de France, 1898; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'Auteur.)

Les sucres et leurs principaux dérivés, par L. Maquenne. Paris, Georges Carré et C. Naud, 1900; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. H. Moissan; hommage de l'Auteur.)

La Géographie, Bulletin de la Société de Géographie, publié par le baron Hulot et M. Charles Rabot. Année 1900, n° 1, 15 janvier. Paris, Masson et Cie, 1900; 1 fasc. in-8°. (Présenté par M. Milne-Edwards; hommage de la Société de Géographie.)

Bulletin international du Bureau central météorologique de France. Directeur : E. Mascart. Janvier 1900. Feuilles petit in-4°.

Revue de Physique et de Chimie et de leurs applications industrielles. Directeur scientifique: Ch. Lauth. 4e Année, n° 1, janvier 1900. Paris, Octave Doin; 1 fasc. in-8°.

Revue bryologique : Bulletin bimestriel consacré à l'étude des Mousses et des Hépatiques. T. Husnot, à Cahan, par Athis (Orne), 1900; 1 fasc. in-8°.

Recueil de Médecine vétérinaire, publié par le Corps enseignant de l'École d'Alfort. VIIIe série, t. VII, n° 1, janvier 1900. Paris, Asselin et Houzeau; 1 fasc. in-8°.

Annales des maladies de l'oreille, du larynx, du nez et du pharynx; publiées par A. Gouguenheim et M. Lermoyez. T. XXXI, n° 1, janvier 1900. Paris, G. Masson; 1 fasc. in-8°.

La France médicale. Rédacteur en chef : Dr Albert Prieur. 47e année (nouvelle série), n° 1, janvier 1900. Paris; 1 fasc. in-4°.

Revue générale des Sciences pures et appliquées. Directeur : Louis Olivier. 11e année, n° 1, janvier 1900. Paris, Armand Colin et Cie; 1 fasc. gr. in-8°.

Mémoires et Comptes rendus des travaux de la Société des Ingénieurs civils de France, 5e série, 53e année, n° 1. Bulletin de janvier 1900. Paris, hôtel de la Société; 1 fasc. in-8°.

Bibliographie des Sciences et de l'Industrie : Répertoire industriel. 2e année, janvier 1900. Paris, Vve Ch. Dunod; 1 fasc. in-4°.

Journal du Gaz et de l'Électricité. Directeur : P. Thiercelin. 20e année. n° 1, janvier 1900. Paris; 1 fasc. in-4°.

Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par Albert Ier, *Prince souverain de Monaco*, publiés sous sa direction avec le concours de M. Jules Richard. Fascicule XIII : *Crustacés décapodes provenant des campagnes de l'*Hirondelle (*supplément*) *et de la* Princesse-Alice (1891-1897), par A. Milne-Edwards et E.-L. Bouvier, avec 4 planches. Fascicule XIV : *Nudibranches et Marsenia provenant des campagnes de la* Princesse-Alice (1891-1897), par Rudolph Bergh, avec 2 planches. Monaco, 1899; 2 fasc. in-4°. (Présentés par S. A. le Prince de Monaco et par M. Milne-Edwards; hommage de S. A. le Prince de Monaco.)

Observatorio do Rio de Janeiro. Methodo para determinar as horas das occultaçôes de estrellas pela Lua, baseado sobre o conhecimento exacto do instante da conjuncçâo apparente dos dons astros, par L. Cruls, director. Rio de Janeiro, 1899; 1 fasc. in-4°.

ERRATA.

(Séance du 22 janvier 1900.)

Note de M. *W. Kilian,* Sur la structure de la portion méridionale de la zone du Briançonnais :

Page 188, ligne 25, *au lieu de* Véger, *lisez* Veyer.
Page 189, ligne 1, *au lieu de* Furfaude, *lisez* Furfande.
Même page, ligne 3, *au lieu de* Font-Sanete, *lisez* Font-Sancte.
Même page, ligne 13, *au lieu de* Champulla, *lisez* Champcella.
Même page, ligne 23, *au lieu de* et au nord-est, *lisez* et, au nord-est.